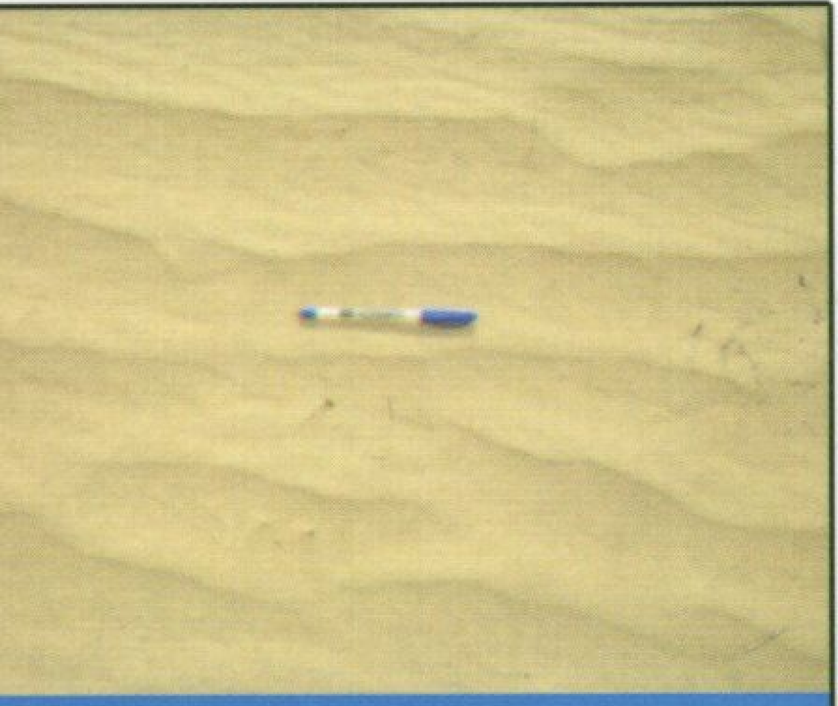
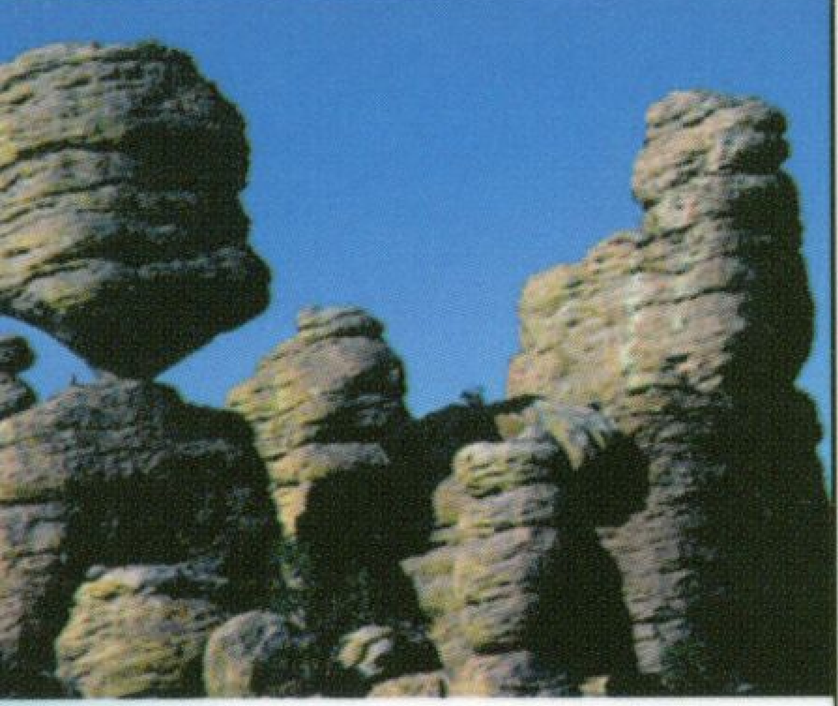
سلسلة الكتب المدعمة من عمادة البحث العلمي – ١٢

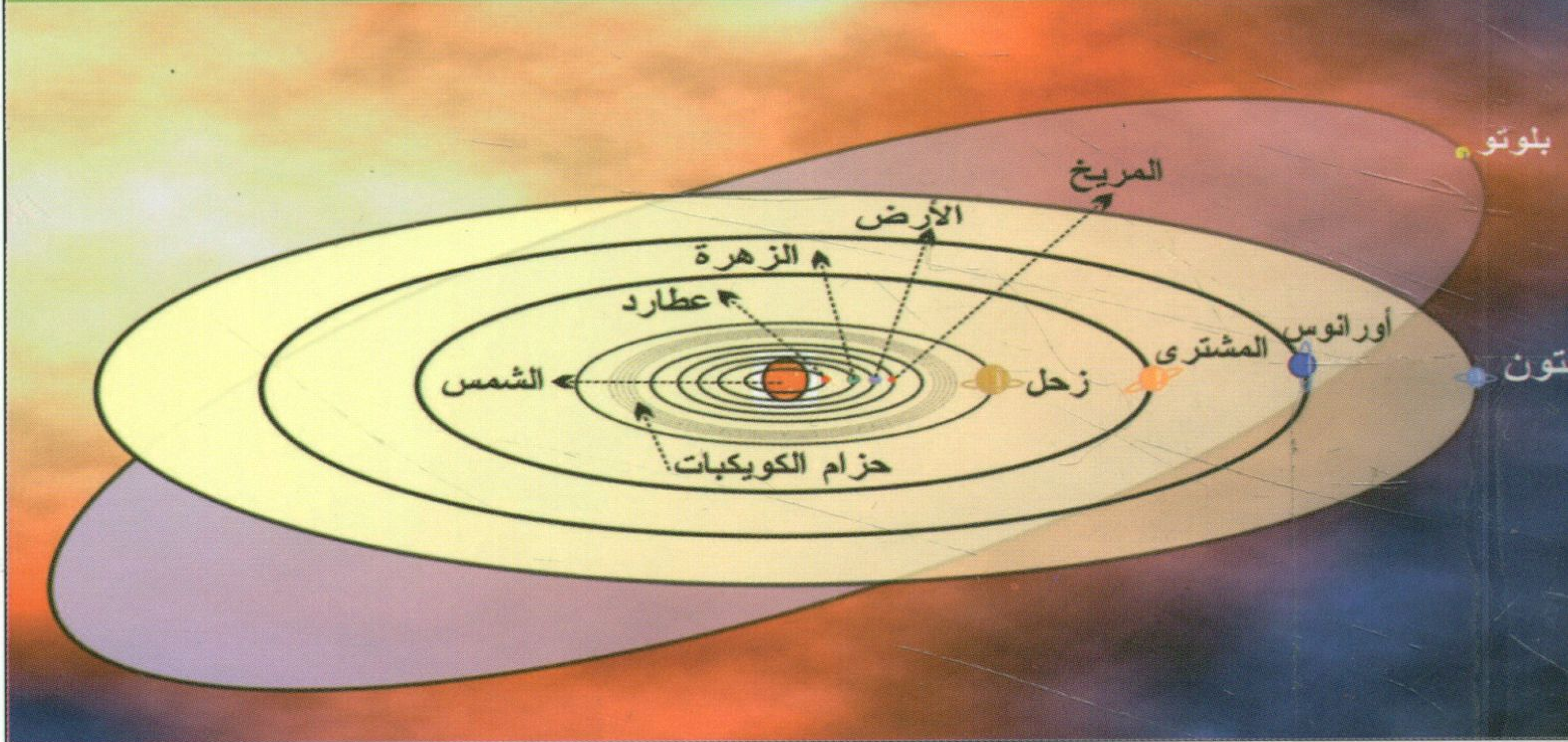








مبادئ الجيولوجيا العامة



أ. د. محمد رشاد حسن مفتي   أ. د. حمدي حامد عبدالنبي يوسف

مركز النشر العلمي
جامعة الملك عبدالعزيز
جدة


بسم الله الرحمن الرحيم

مبادئ الجيولوجيا العامة

أ.د. محمد رشاد حسن مفتي   أ.د. حمدي حامد عبد النبي يوسف
كلية علوم الأرض- جامعة الملك عبد العزيز

مركز النشر العلمي
جامعة الملك عبد العزيز
ص ب: ٨٠٢٠٠ - جدة: ٢١٥٨٩
المملكة العربية السعودية

الطبعة الأولى : ١٤٣٢هـ (٢٠١١م)

سلسلة الكتب المدعمة من عمادة البحث العلمي – ١٢

فهرسة مكتبة الملك فهد الوطنية أثناء النشر

جامعة الملك عبدالعزيز – مركز النشر العلمي

مبادىء الجيولوجيا العامة. / جامعة الملك عبدالعزيز – مركز النشر العلمي .– جدة ، ١٤٣٢هـ

.. ص ؛ .. سم

ردمك: ٥-٥٦٢-٠٦-٩٩٦٠-٩٧٨

١- الجيولوجيا ٢- الأرض أ. العنوان

ديوي ٥٥٠ ١٤٣٢/١٣٤

رقم الإيداع: ١٤٣٢/١٣٤

ردمك: ٥-٥٦٢-٠٦-٩٩٦٠-٩٧٨

مطابع جامعة الملك عبدالعزيز

شكر وتقدير

يتوجه المؤلفان بخالص الشكر والتقدير لجامعة الملك عبدالعزيز ممثلة في عمادة البحث العلمي لدعمها المادي والمعنوي في تأليف هذا الكتاب من خلال البحث رقم (٤٢٨/٢٠٤)، وممثلة أيضًا في كلية علوم الأرض لتوفيرها الإمكانات المعملية اللازمة. كما أننا مدينين بالشكر والتقدير للمحكمين الذين اختارتهما عمادة البحث العلمي لتحكيم هذا الكتاب. ونخص بالشكر والتقدير سعادة الأستاذ الدكتور أحمد الشنطي على مساهمته في مراجعة وتدقيق هذا الكتاب علميًا ولغويًا بأكمله.

تقديـــم

إن الحمد لله نحمده ونستعينه ونستهديه ونستغفره ونصلي ونسلم على سيدنا ونبينا محمد وعلى آله وصحبه أجمعين. " سبحانك لا علم لنا إلا ما علمتنا إنــك أنــت العليم الحكيم ". وبعد..

تلعب الجيولوجيا دورًا هامًا في حياتنا اليومية، كأحد العلوم القائدة للعديــد من المتغيرات التي تتم في الأرض، مثل الزلازل، والبــراكين، والأعاصــير، والتغيرات المناخية، ومن ثم وجب علينا فهم علوم الأرض، كي نستطيع أن نعد أنفسنا لمواجهة مثل هذه التغيرات الجيولوجية. كما تعتمد حياتنا بشكل عام على الأرض للحصول على الغذاء وجميع الموارد المعدنية، والطاقــة. كمــا تــؤثر الجيولوجيا بشكل كبير على المتغيرات السياسية على مدى التاريخ، فهناك العديد من الحروب التي دارت رحاها من أجل السيطرة على بعــض المــوارد مثــل: البترول، والغاز، والذهب، والألماس، ... إلخ.

مما سبق، يتضح أنه من الضروري دراسة الأرض، وما يــتم بهــا مــن متغيرات داخلية وخارجية، وإبراز تلك المعلومات باللغة العربية، حتى يتــسنى لراغبي المعرفة فهم خبايا ذلك العلم. وكان ذلك هو الدافع الأساسي للمؤلفان في إصدار هذا الكتاب "مبادئ الجيولوجيا العامة". ونأمــل أن يفــي هــذا الكتــاب باحتياجات الطلاب في الجامعات، والمعاهد، والمراكز البحثيــة المختلفــة فــي دراستهم لعلوم الأرض. وقد وضعنا في الاعتبار تسهيل مهمة القارئ من خلال تسلسل مواضيع الكتاب، وسهولة أســلوبه، وتــرابط أفكــاره، مــع الاســتعانة

بالأشكال، والصور الملونة، وسرد أحدث المعلومات المتاحة من المراجع العلمية والمرصودة فى شبكة المعلومات.

تم تقديم باب تمهيدي عن مبادئ الجيولوجيا العامة، ثم تلا ذلك ستة عشر بابًا، وهي: الباب الثاني: والذي يهتم بعلاقة الأرض بالكون. والباب الثالث: الذي يهتم بالمعادن وخصائصها. والباب الرابع: عن الصخور النارية والعمليات الصهيرية. والباب الخامس: عن التجوية والصخور الرسوبية. والباب السادس: الذي يهتم بالتحول والصخور المتحولة. والباب السابع: الذي يهتم بالمياه السطحية والجوفية. والباب الثامن: عن المجالد والتجلد. والباب التاسع: عن الصحاري والرياح. والباب العاشر: الذي يهتم بالشواطئ. والباب الحادي عشر: الذي يهتم بتكتونية الألواح. والباب الثاني عشر: الذي يهتم بالجيولوجيا البنائية. والباب الثالث عشر: عن الزلازل. والباب الرابع عشر: الذي يهتم ببناء الجبال. والباب الخامس عشر: الذي يهتم بتبدد الكتل. والباب السادس عشر: الذي يهتم بالزمن الجيولوجي. وأخيرًا الباب السابع عشر: الذي يهتم بالموارد الجيولوحية. وفي نهاية الكتاب جزء هام كتدريبات وتمرينات على كل المواضيع التي يتناولها الكتاب، متضمنة تمارين باللغة العربية، وأخرى بالإنجليزية، حتى نساعد على رفع مستوى الطالب في اللغتين. هذا والله نسأل أن يكون العمل قد استكمل في الصورة المرجوة حتى يحقق الهدف المأمول منه.

المؤلفان

ديسمبر ٢٠٠٩م

المحتويات

الصفحة

قائمة الأشكال

قائمة الجداول

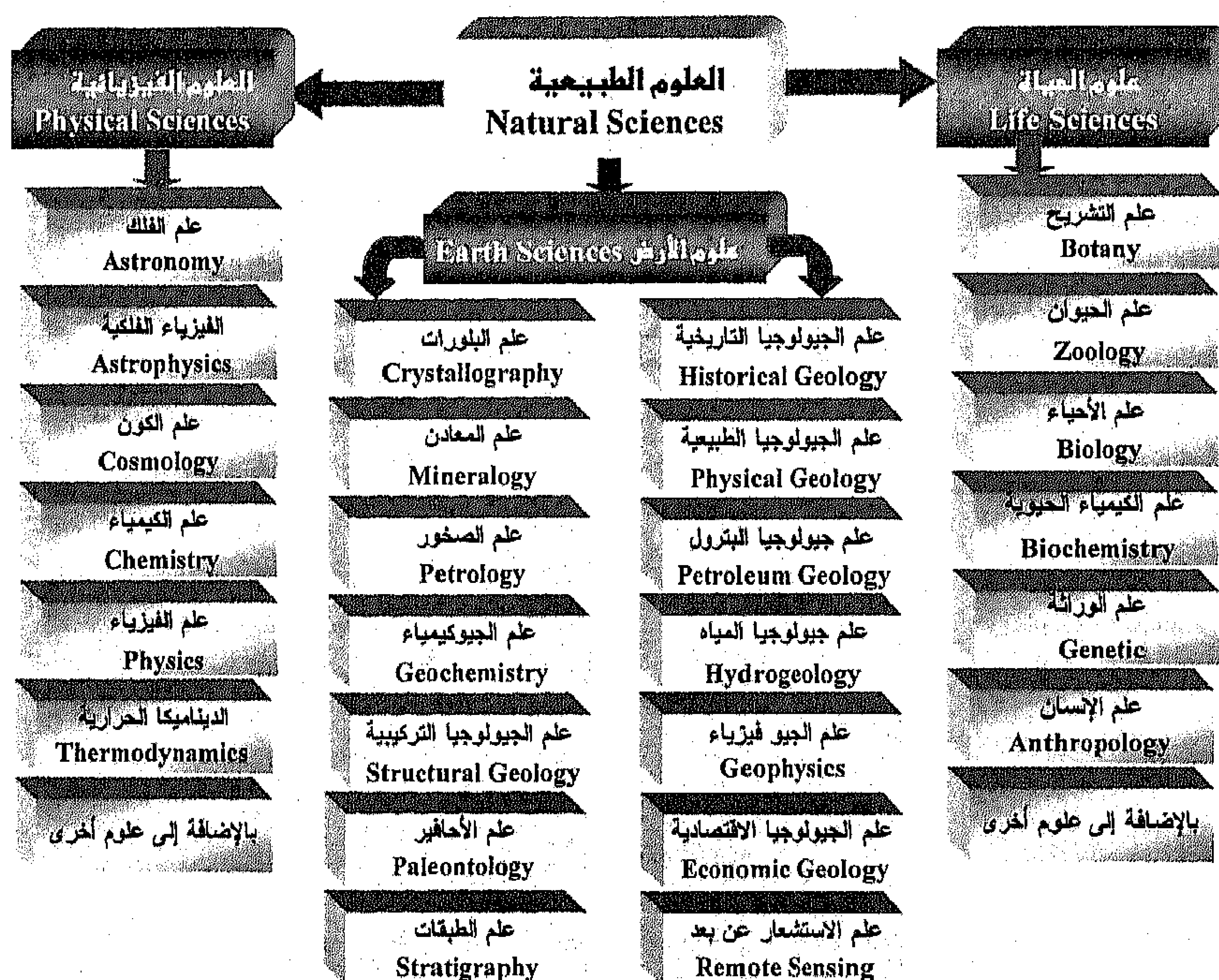
الباب الأول

علــم الأرض (الجيولوجيا Geology)

- مقدمة
- الجيولوجيا وعلاقتها بالعلوم الأخرى
- الجيولوجيا العامة
- تأثير الجيولوجيا على حياتنا اليومية
- أسس البحث العلمي في الجيولوجيا
- أمثلة على أسس البحث العلمي في الجيولوجيا
- كيفية التحقق من صلاحية قانون أو نظرية جيولوجية
- أمثلة لبعض القوانين والنظريات في الجيولوجيا
- بعض الحقائق العامة

مقـــدمـــة (Introduction)

تأتي كلمة الجيولوجيا من الكلمة اللاتينية *"Geology"*، حيث إن المقطع *"Geo"* يعني الأرض، والمقطع *"logy"* يعني العلم. وبوجه عام، يمكن تعريف الجيولوجيا على أنه العلم الذي يهتم بمعارف الأرض مثل نشأتها، وتاريخها وشكلها، ومكوناتها، وما يتم من عمليات جيولوجية داخلها وخارجها وخاصة تلك التي تسبب مخاطرًا للبيئة والإنسان. وتعد علوم الأرض "الجيولوجيا" إحدى فروع العلوم الطبيعية الرئيسة الثلاثة، كما هو مبين بالشكل رقم (١-١).

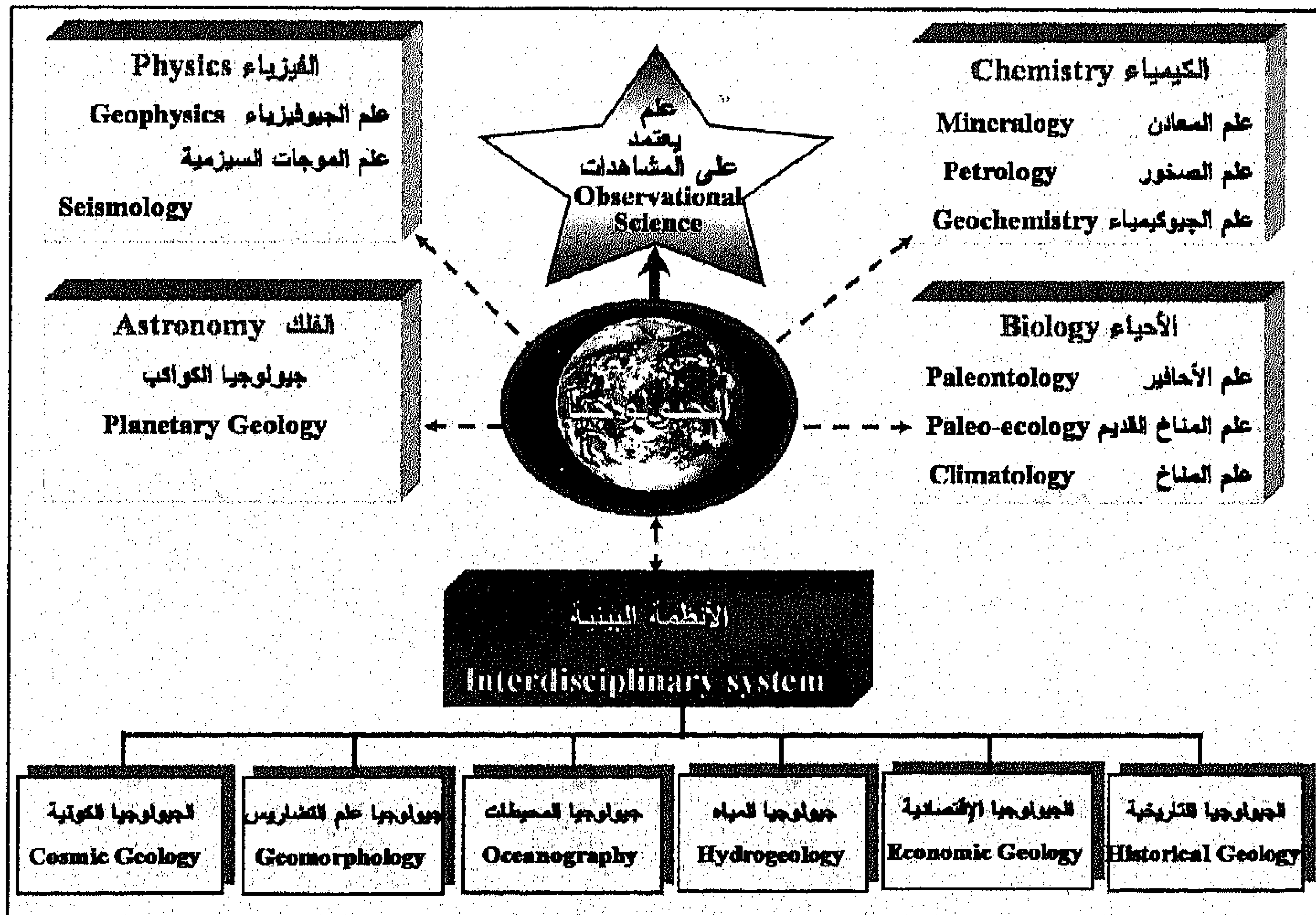


شكل ١-١. الفروع الرئيسة الثلاثة للعلوم الطبيعية وتفرعاتها المختلفة.

الجيولوجيا وعلاقتها بالعلوم الأخرى

(Geology and Its Relation with Other Sciences)

للجيولوجيا علاقة كبيرة بالعلوم الأخرى (شكل ١-٢)، فمثلاً تعتمد الجيوفيزياء على المبادىء الأساسية لعلوم الفيزياء، وتطبيق هذه المبادىء في مجالات البحث والتنقيب عن الخامات المعدنية، والنفط، والمياه الجوفية. كما تعتمد الجيولوجيا على علوم الفلك في التعرف على نشأتها، وعلاقتها بالكون الذي تسبح فيه. ومن الأمثلة الأخرى، علاقة الجيولوجيا بالكيمياء لمعرفة التركيب الكيميائي للمعادن، والصخور، وعلاقة الجيولوجيا بعلوم الأحياء في دراسة الأحافير القديمة (paleontology)، والمناخ القديم (paleoecology). كما تشترك الجيولوجيا كنظام بيني (interdisciplinary system) مع بعض العلوم الأخرى مثل:



شكل ١-٢. علاقة الجيولوجيا بالعلوم الأخرى.

- التاريخ + الجيولوجيا ← الجيولوجيا التاريخية (historical geology)
- الاقتصاد+الجيولوجيا← الجيولوجيا الاقتصادية (economic geology)
- المياه + الجيولوجيا ← جيولوجيا المياه (hydrogeology)
- المحيطات + الجيولوجيا ← جيولوجيا المحيطات (oceanography)
- الجغرافيا+الجيولوجيا← جيولوجيا علم التضاريس (geomorphology)
- علم الكون + الجيولوجيا ← الجيولوجيا الكونية (cosmic geology)

الجيولوجيا العامة (General Geology)

يمكن تعريف الجيولوجيا العامة على أنها مجموع العمليات التي تعمل بداخل الأرض وخارجها (شكل ١-٣)، وتتمثل في:

١- العمليات التي أدت إلى تكون سطح الأرض الحالي.

٢- العمليات التي تؤدي إلى حدوث كوارث طبيعية متعلقة بحياة الإنسان ومعيشته، مثل الزلازل، والبراكين، والفيضانات، ... إلخ.

٣- العمليات التي تساهم في نشأة الموارد الطبيعية، والثروات المعدنية، والبترولية.

وبشكل عام يمكن تصنيف الجيولوجيا العامة إلى:

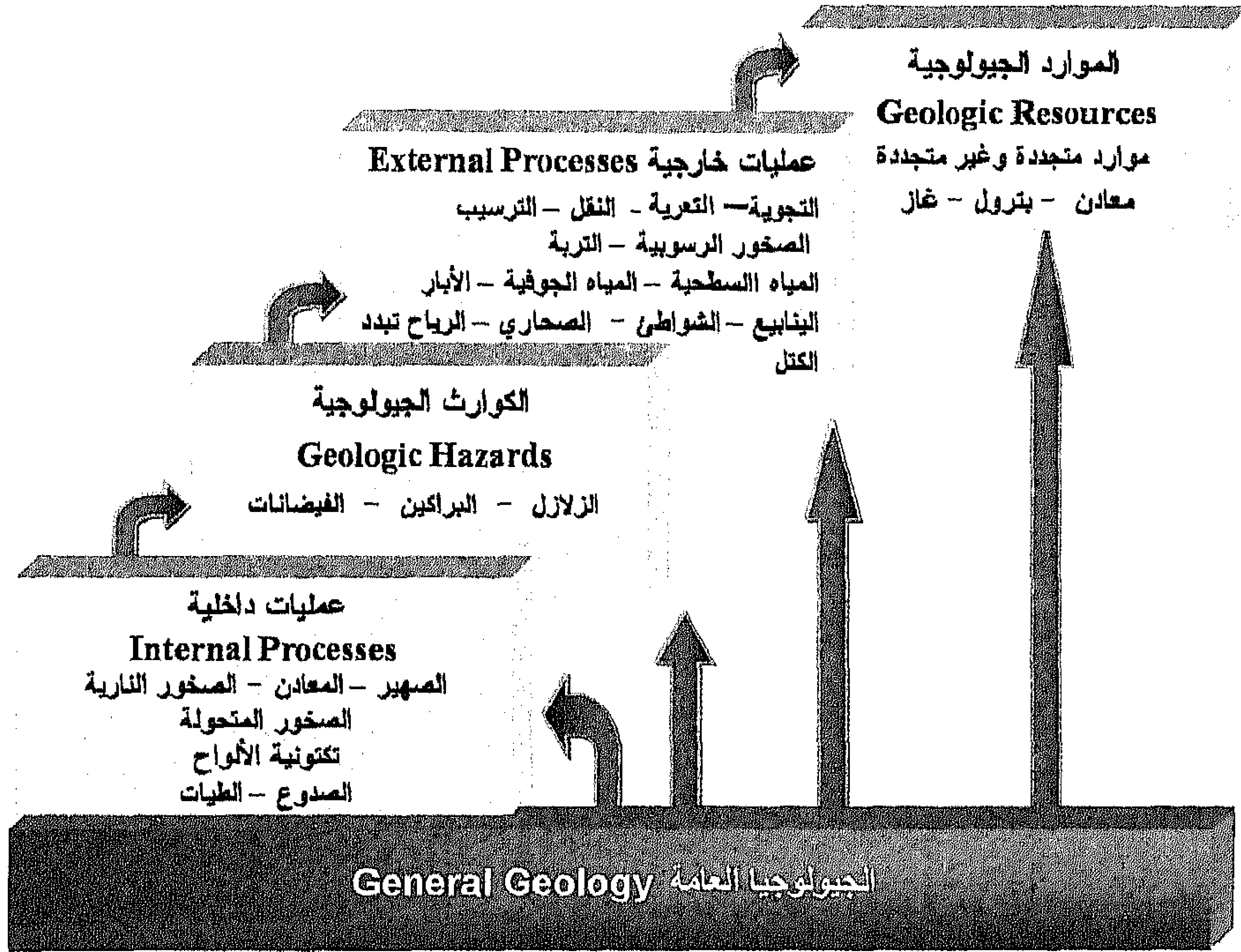
١- عمليات داخلية (internal processes): وهي العمليات الناتجة عن نشاطات في باطن الأرض، مع حدوث انتقال حراري من أعماق الأرض الساخنة إلى سطحها البارد.

٢- عمليات خارجية (external processes): والتي تشمل التغيرات التي تتم على سطح الأرض بفعل الطاقة الشمسية، والجاذبية الأرضية، ... إلخ.

٣- الكوارث الجيولوجية (geologic hazards): والتي تشمل الزلازل (earthquakes)، والبراكين (volcanoes)، والتدفق الطيني (mudflows)

والفيـــضانات (floods)، والتعريـــة، والانهيـــارات الأرضـــية (surface and subsurface collapse).

٤- الموارد الجيولوجية (geologic resources): والتـــي تـــشمل المـــوارد المتجددة، وغير المتجددة.



شكل ١–٣. التصنيف العام للجيولوجيا العامة وأهم المواضيع التي تتناولها.

تأثير الجيولوجيا على حياتنا اليومية

(Effects of Geology on Our Everyday Lives)

تلعب الجيولوجيا دوراً هاماً في حياتنا اليومية كأحد العلوم القائدة للعديد مـــن المتغيرات في حياتنا اليومية (شكل ١–٤)، ويمكن تلخـــيص هـــذا الـــدور فـــي مجموع النقاط التالية:

١- الإنسان جزء من الأرض، "من تراب إلى تراب".

٢- تتأثر جميع المنشآت من منازل، وطرق، وسدود بالعمليات الجيولوجية، ومن ثم وجب علينا أن نلم ببعض الخلفيات الجيولوجية للتعامل مع هذه العمليات.

٣- تعتمد الحياة بشكل عام على الأرض للحصول على الغذاء، لذلك فإن الأرض هي كل شئ في حياتنا ﴿هُوَ الَّذِي جَعَلَ لَكُمُ الأَرضَ ذَلُولاً فَامشُوا فِي مَنَاكِبِهَا وَكُلُواْ مِن رِّزقِهِ وَإِلَيهِ النُّشُورُ﴾ (سورة المُلك، آية ١٥).

٤- تأتي جميع الموارد المعدنية والطاقة من الأرض، حيث نعتمد على تلك الموارد في حياتنا اليومية، فليس هناك مصدر بديل عن الأرض حتى الآن.

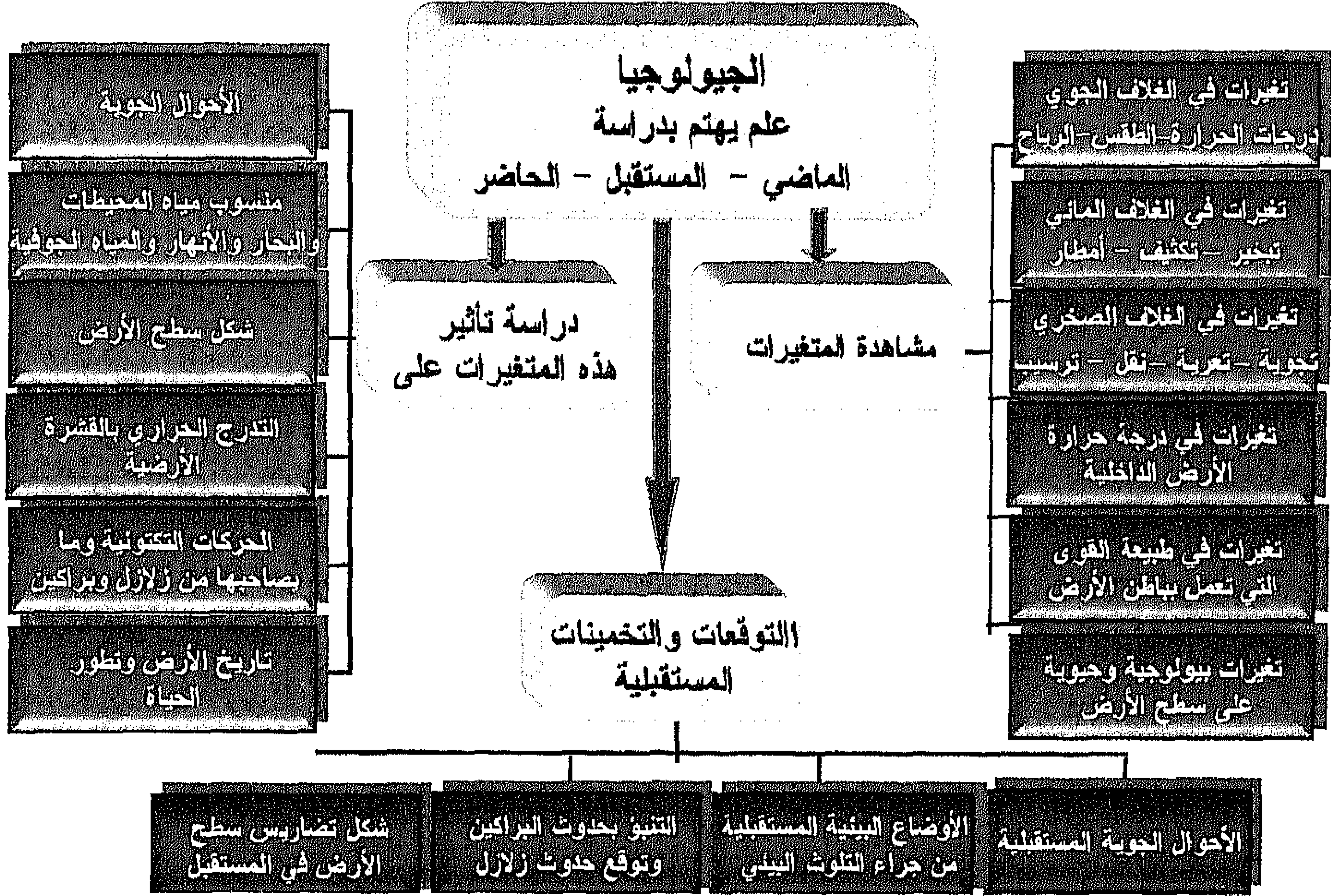
٥- تتأثر حياتنا بشكل كبير ببعض التغيرات التي تتم في الأرض، مثل الزلازل، والبراكين، والأعاصير، والتغيرات المناخية، ومن ثم وجب علينا فهم علوم الأرض، كي نستطيع أن نعد أنفسنا لمواجهة مثل هذه التغيرات الجيولوجية.

٦- تؤثر الجيولوجيا بشكل كبير على المتغيرات السياسية على مدى التاريخ، فهناك العديد من الحروب التي دارت رحاها من أجل السيطرة على بعض الموارد مثل: البترول، والغاز، والذهب، والماس، ... إلخ.

٧- لقد شهد التاريخ ظهور واختفاء إمبراطوريات، اعتماداً على التوزيع والاستغلال لهذه الثروات المعدنية.

٨- كما أن لتوزيع الموارد الطبيعية من الطاقة والمعادن دور سياسي واقتصادي، مما ينعكس على طبيعة العلاقات السياسية بين الدول.

٩- كما لعبت المعالم الجيولوجية دورًا في رسم الحدود السياسية بين الدول، وأيضًا في الخطط الاستراتيجية في إدارة الحروب بين الدول.



شكل ١-٤. الدور الذي تلعبه الجيولوجيا في حياتنا اليومية.

١٠- يحتاج بعض من صانعي القرار إلى بعض الخلفيات الجيولوجية، مما يساعدهم على أخذ القرار، مثل أعضاء تخطيط المجتمعات العمرانية الجديدة، وأعضاء حماية البيئة من ملوثات المناجم، وأيضًا العاملين في موارد المياه والموارد المعدنية.

١١- تساعد الجيولوجيا في البحث عن مصادر جديدة للطاقة، مثل النفط والغاز الطبيعي، والفحم، والخامات المشعة.

١٢- تساعد الجيولوجيا في البحث عن مصادر جديدة للمياه الجوفية.

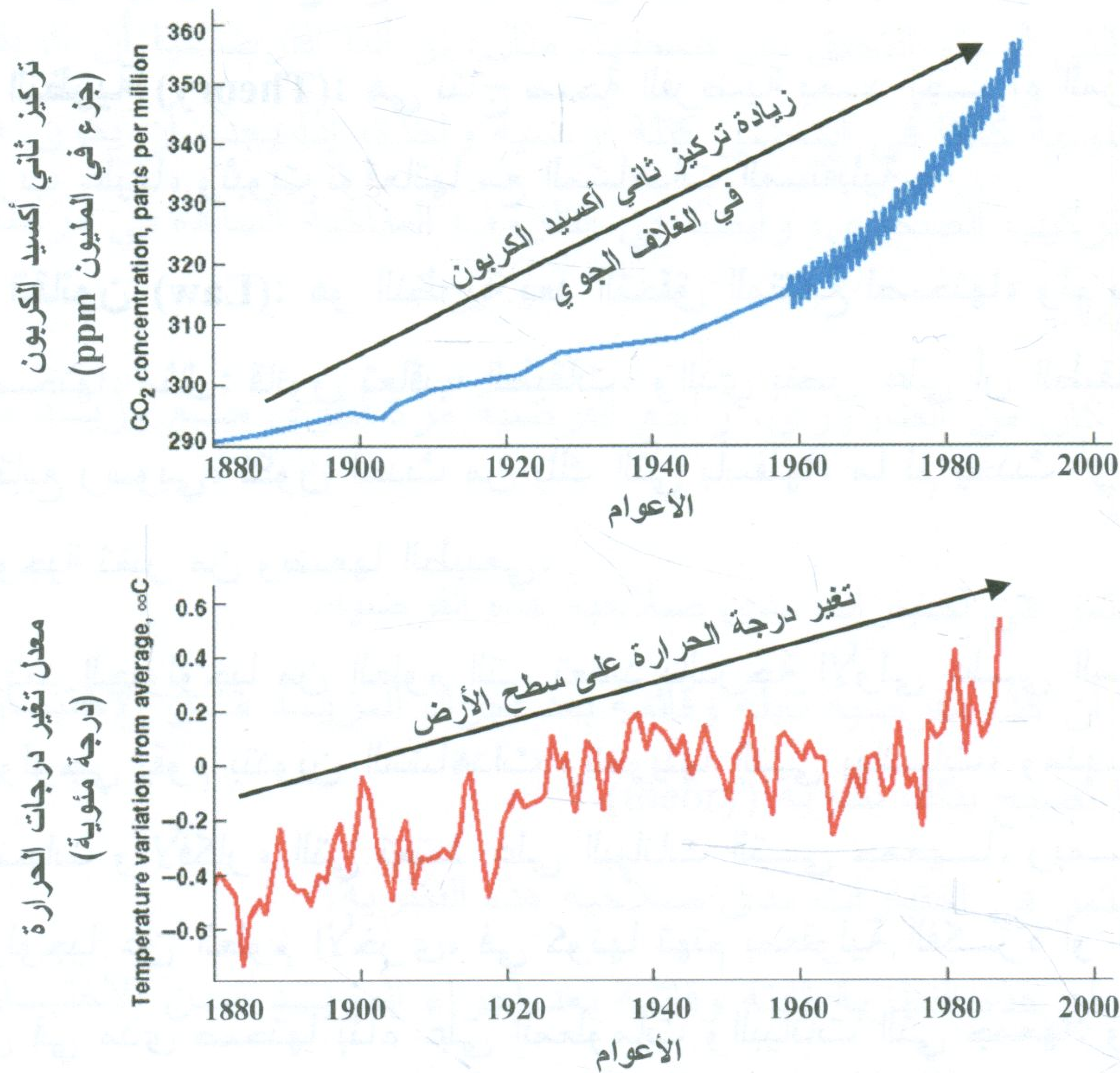
١٣- الاهتمام بطرق ترشيد استهلاك الطاقة، والمياه الجوفية، والخامات المعدنية.

١٤- البحث عن الخامات المعدنية والتوسع في استخراجها.

١٥- إجراء بحوث علمية قابلة للتطبيق.

١٦- مواجهة المشاكل البيئية، مثل:

- زيادة النمو السكاني.
- نقص الغذاء في الدول الصناعية.
- النضوب المستمر في موارد الطاقة غير المتجددة.
- زيادة حجم الملوثات بالدول الصناعية عن معدل التخلص الطبيعي منها.
- دراسة ظاهرة الانبعاث الحراري (global warming) وكيفية الحد منها.
- زيادة تركيز ثاني أكسيد الكربون في الغلاف الجوي، مما يؤدي إلى زيادة ارتفاع درجة الحرارة في مناطق مختلفة (شكل ١-٥).



شكل ١-٥. مدى تغير درجات الحرارة على سطح الأرض، مع زيادة ملوثات ثاني أكسيد الكربون بالغلاف الجوي الناتج عن عوادم الصناعة والسيارات، ... إلخ.

(عن @2001 Brooks/Cole-Thomson Learning).

أسس البحث العلمي في الجيولوجيا

(Basis of Scientific Research in Geology)

قبل أن نستطرد في الخطوات المتبعة للبحث العلمي في الجيولوجيا، فإن هناك بعض المصطلحات التي يجب تعريفها أولاً، ومن هذه المصطلحات:

الفرضية (Hypothesis): هي تفسير منطقي لحقائق معينة لم يتم إثباتها فعلياً. تستخدم الفرضية كنقطة بداية وانطلاق لإجراء المزيد من التجارب والمشاهدات. يجب أن تخضع الفرضية لإجراء المزيد من الاختبارات عليها، ويجب أن تتوافق النتائج مع ما هو متوقع من تلك الفرضية.

النظرية (Theory): هي نتاج صحة الفرضية بعد إجراء المزيد من التجارب عليها، وثبوت توقعاتها مع المشاهدات المستقبلية.

القانون (Law): هو النظرية بعد التحقق المتتابع لصحتها، ولم يرد أي نقد في صحتها. مثال: قانون تعاقب الطبقات، والذي ينص على أن الطبقة العليا في أي تتابع رسوبي، تكون أحدث من تلك التي بأسفلها، ما لم يحدث أي عمليات جيولوجية تغير من وضعها الطبيعي.

تعد الجيولوجيا من العلوم التي تعتمد بالدرجة الأولى على المشاهدات. فالجيولوجي يقوم بتدوين المشاهدات وتحويلها إلى بيانات، ومنها يصيغ الفرضيات والأفكار، التي تعتمد على البيانات التي جمعها. ربما تختلف الجيولوجيا عن العلوم الأخرى، في كونها تهتم بمعقولية الفكرة أو الاستنتاج وليس في مدى صحتها بناءً على المعلومات والبيانات التي جمعها. ولكن بشكل عام يتبع الجيولوجي نفس المنهج العلمي بمراحله المختلفة، كما هو الحال في العلوم الأخرى (شكل ١-٦)، ويمكن تلخيص تلك الخطوات في النقاط التالية:

١- تدوين المشاهدات بناءً على القياسات الحقلية أو المعملية. يجب أن تتكرر تلك المشاهدات بواسطة العديد من الباحثين. مثال ذلك، مشاهدة التشابه الشكلي بين ساحل أفريقيا الغربي وساحل أمريكا الجنوبية الشرقي.

٢- ابتكار فرضيات تم تجربتها (testable hypotheses) لتفسير المشاهدات. يمكن وضع أكثر من تفسير لتلك المشاهدات. يجب أن تكون الفرضيات قابلة للتجارب. مثال ذلك: فرضية أن قارتي أفريقيا وأمريكا الجنوبية كانتا في الماضي كتلة أرضية واحدة، ثم انفصلتا عن بعضهما في وقت ما، ثم تباعدتا.

٣- اختبار الفرضيات بإجراء المزيد من التجارب والمشاهدات، مع استبعاد الفرضيات التي لم يتم التحقق من صحتها. مثال: لو أننا افترضنا أن أفريقيا وأمريكا الجنوبية كانتا في الماضي كتلة أرضية واحدة، إذاً يجب أن يكون هناك تشابه في التركيب الصخري، وأيضًا في الظروف المناخية السائدة في مرحلة ما قبل انفصالهما.

٤- لو كان من الضروري، راجع الفرضية مرة أخرى مع مزيد من الاختبارات.

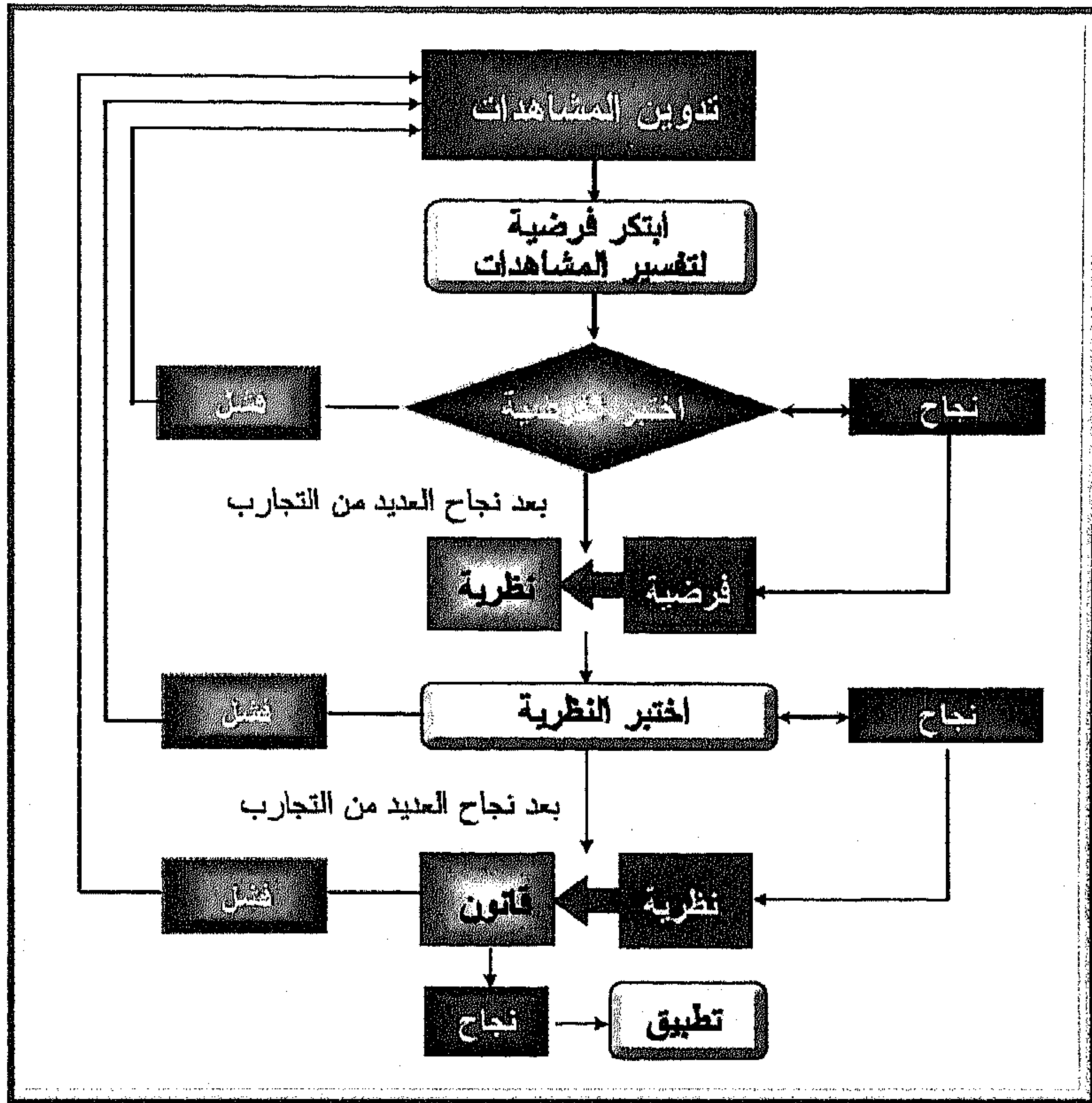
٥- استمر في اختبارات مدى صلاحية هذه الفرضية.

٦- لو أن هذه الفرضية ثابتة وقائمة بعد إجراء المزيد من الاختبارات عليها، فإنها تصبح بذلك نظرية (theory).

٧- استمر في اختبارات مدى صلاحية هذه النظرية.

٨- لو أن هذه النظرية ثابتة وقائمة بعد إجراء المزيد من الاختبارات عليها، فإنها تصبح بذلك قانوناً (law).

٩- استمر في اختبارات مدى صلاحية هذا القانون بإجراء مزيد من التجارب عليه.

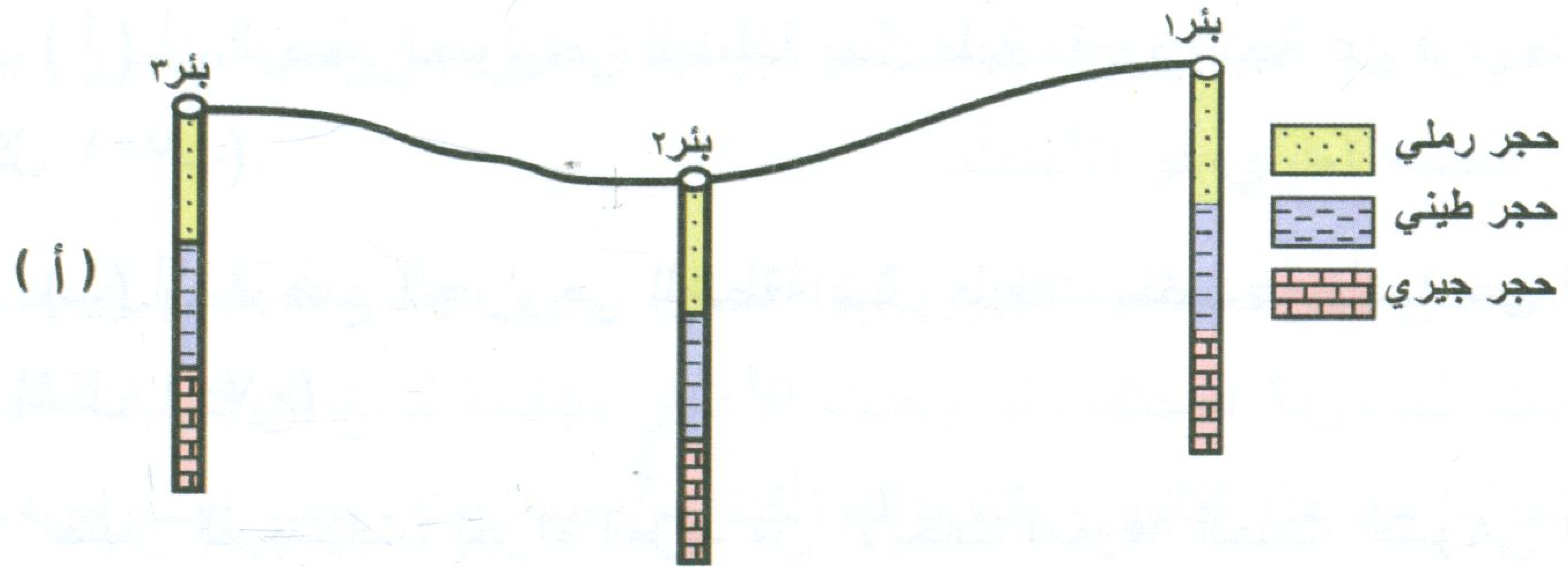


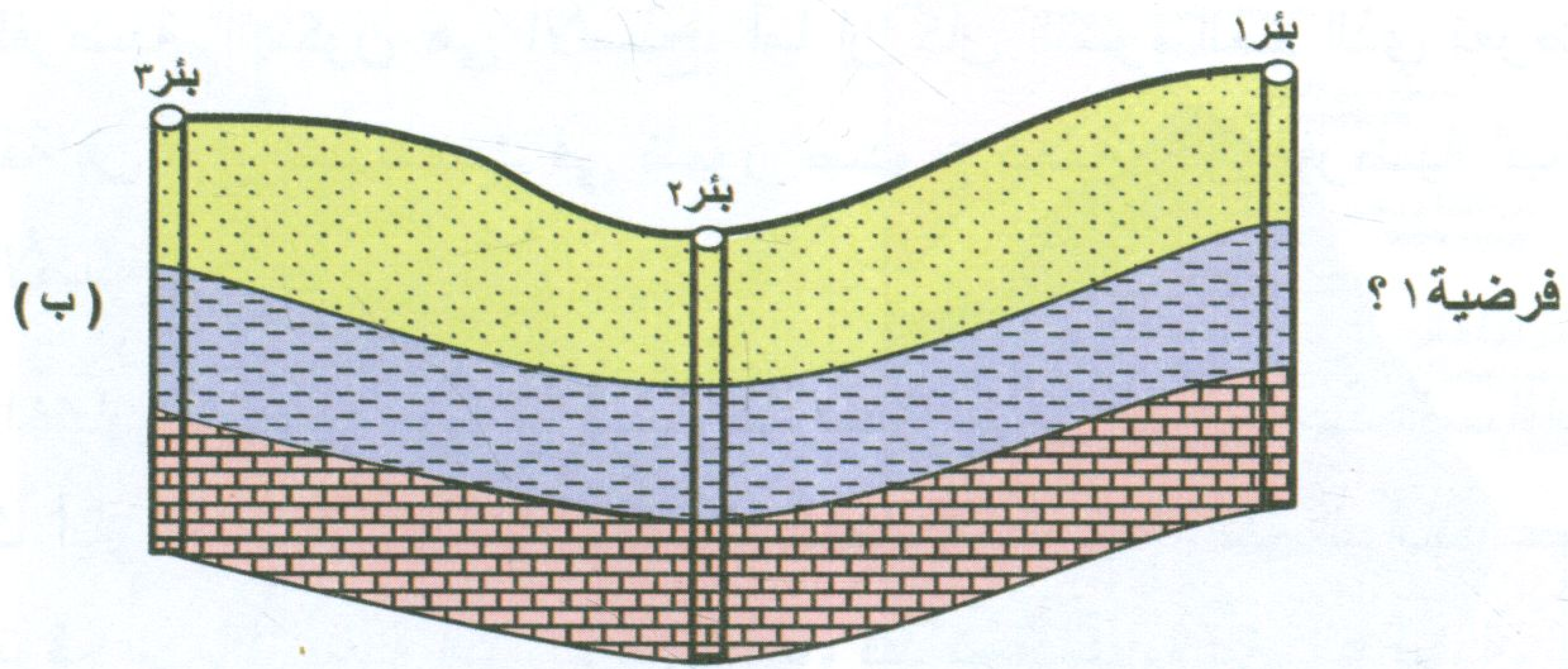
شكل ١-٦. مخطط يبين كيفية البحث العلمي في الجيولوجيا.

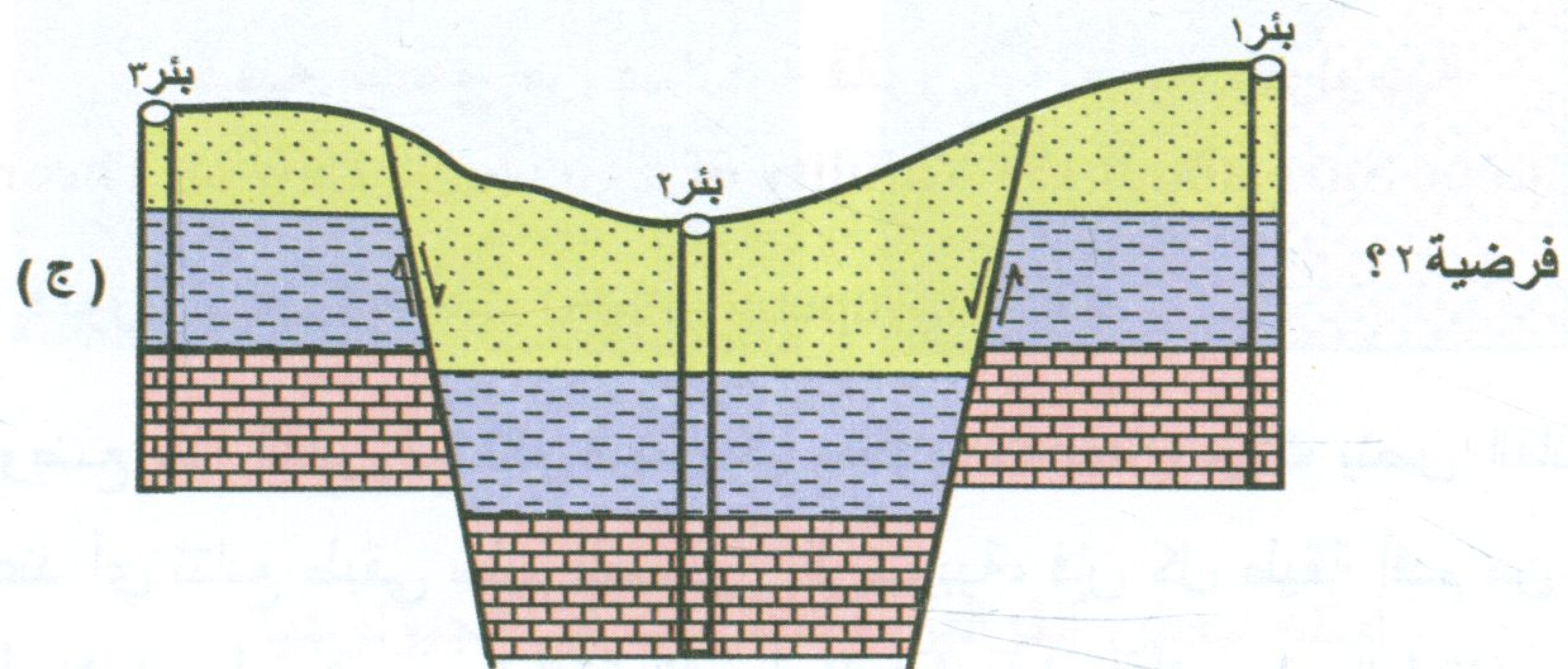
أمثلة على أسس البحث العلمي في الجيولوجيا
(Examples to the Basis of Scientific Research in Geology)

مثال ١: كيفية تبني أفضل التفسيرات الجيولوجية القائمة على بعض المشاهدات والبيانات من حفر ثلاثة آبار.

المشاهدات: نفترض أنه تم تدوين بعض المشاهدات والبيانات من حفر ثلاثة آبار في منطقة ما، ويبعد كل بئر عن الآخر مسافة عشرة كيلومترات. بفحص نواتج الحفر والأعماق، تم رسم العمود الصخري بكل من الآبار الثلاثة (شكل ١-٧أ).







شكل ١ – ٧. مثال لكيفية تفسير الوضع الجيولوجي لمنطقة ما عن طريق بيانات من حفر ثلاثة آبار.

الفرضيات: بناءً على المشاهدات والنتائج، نضع بعض الفرضيات للوضع الجيولوجي الحالي لهذه المنطقة. في هذا المثال، يوجد فرضيتان:

(أ) أن الوضع الجيولوجي للمنطقة يمثل طية مقعرة ناتجة عن قوى ضغط (شكل ١–٧ب).

(ب) أن الوضع الجيولوجي للمنطقة يمثل طبقات متصدعة ناتجة عن قوى شد (شكل ١–٧ج).

اختبار الفرضيات: إجراء المزيد من الأبحاث لمعرفة الحدث التشوهي العام الذي تعرضت له المنطقة، إن كان تشوه من نوع الطي الناتج عن قوى ضغط، فإن الفرضية "أ" تكون هي الأصلح، أما إن كان التشوه العام الذي تعرضت له المنطقة من قوى شد تسببت في ظهور صدوع عادية، فإن الفرضية "ب" تكون هي الأصلح.

اختبار الفرضية التي تم اختيارها: نحفر بئرين آخرين عند المسافات البينية للثلاث آبار، ونسجل البيانات الناتجة عنهما. إذا توافقت هذه البيانات حسب ما هو متوقع من الفرضية التي تم اختيارها، فقد تم بذلك تحقيق الفرضية.

كيفية التحقق من صلاحية قانون أو نظرية جيولوجية
(How to be Sure about the Validity of a Geologic Law or Theory)

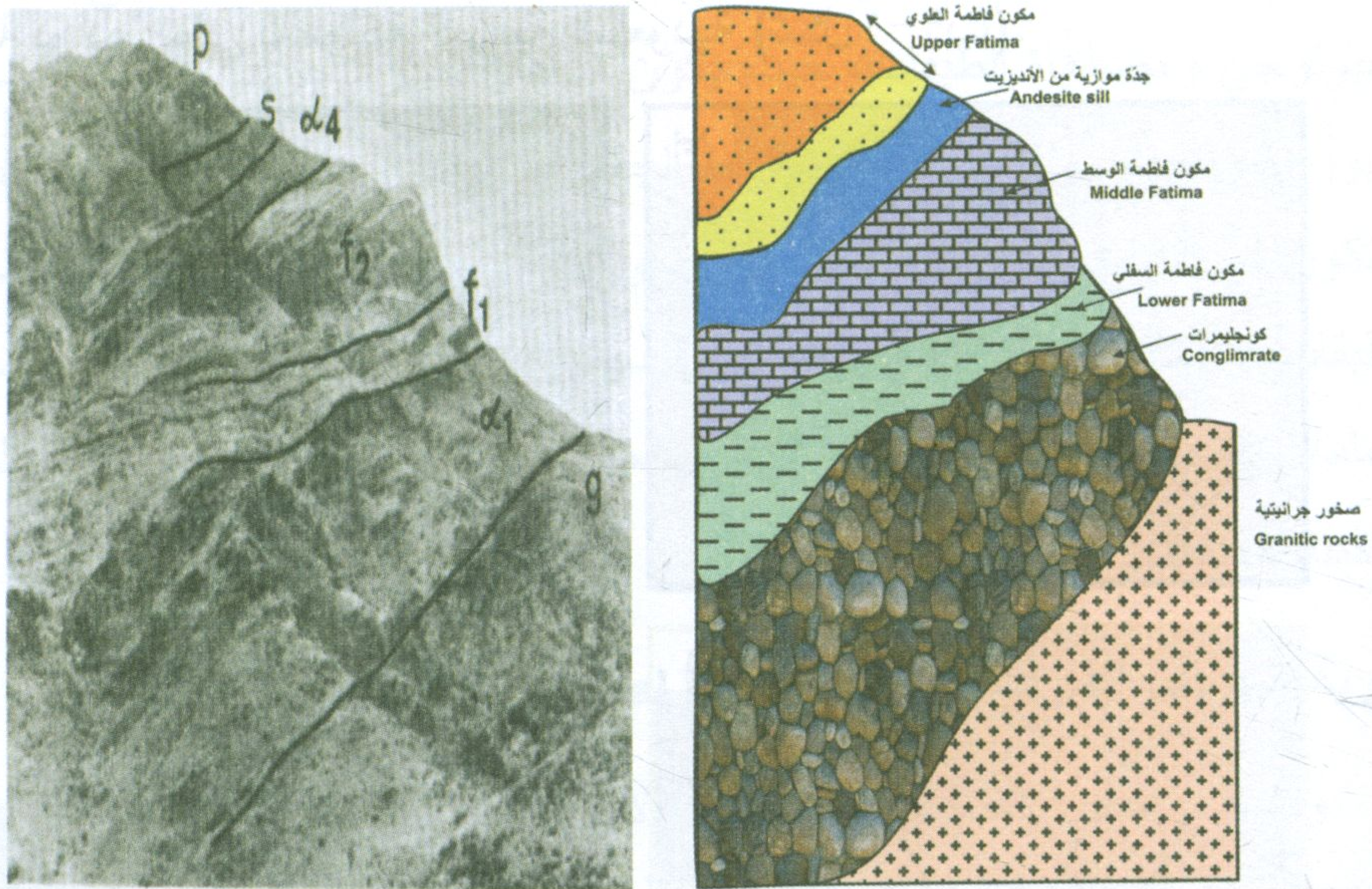
مثال: قانون تعاقب الطبقات (law of superposition)

وضع هذا القانون العالم الدنماركي ستينو (Steno) حيث ينص القانون على "أنه عند أي تتابع طبقي سليم للصخور الرسوبية، فإن كل طبقة أقدم من الطبقة التي أعلاها، وأحدث من الطبقة التي أسفلها " ما لم تتأثر هذه الطبقات بعوامل التصدع والطي".

المشاهدات: تم جمع مشاهدات وبيانات لتتابع جيولوجي بمنطقة وادي فاطمة (مجموعة فاطمة، حول جدة)، ومن هذه البيانات تم تخطيط التتابع الجيولوجي كما هو مبين في الشكل رقم (١–٨).

حسب هذا القانون فإن التداخلات الجرانيتية تكون هي أقدم الصخور، بينما مكون فاطمة العلوي هو الأحدث.

لفحص مدى صلاحية القانون بهذا المثال، نجري قياسات تحديد عمر الطبقات الصخرية المختلفة. لو وجدت الأعمار متفقة مع التوقعات التي استنتجناها من هذا القانون، فإننا بذلك تأكدنا من صلاحيته. يجب إجراء هذه القياسات عدة مرات بواسطة أشخاص آخرين، للتأكد من صلاحية هذا القانون.



شكل ١-٨. التتابع الجيولوجي لوادي فاطمة.

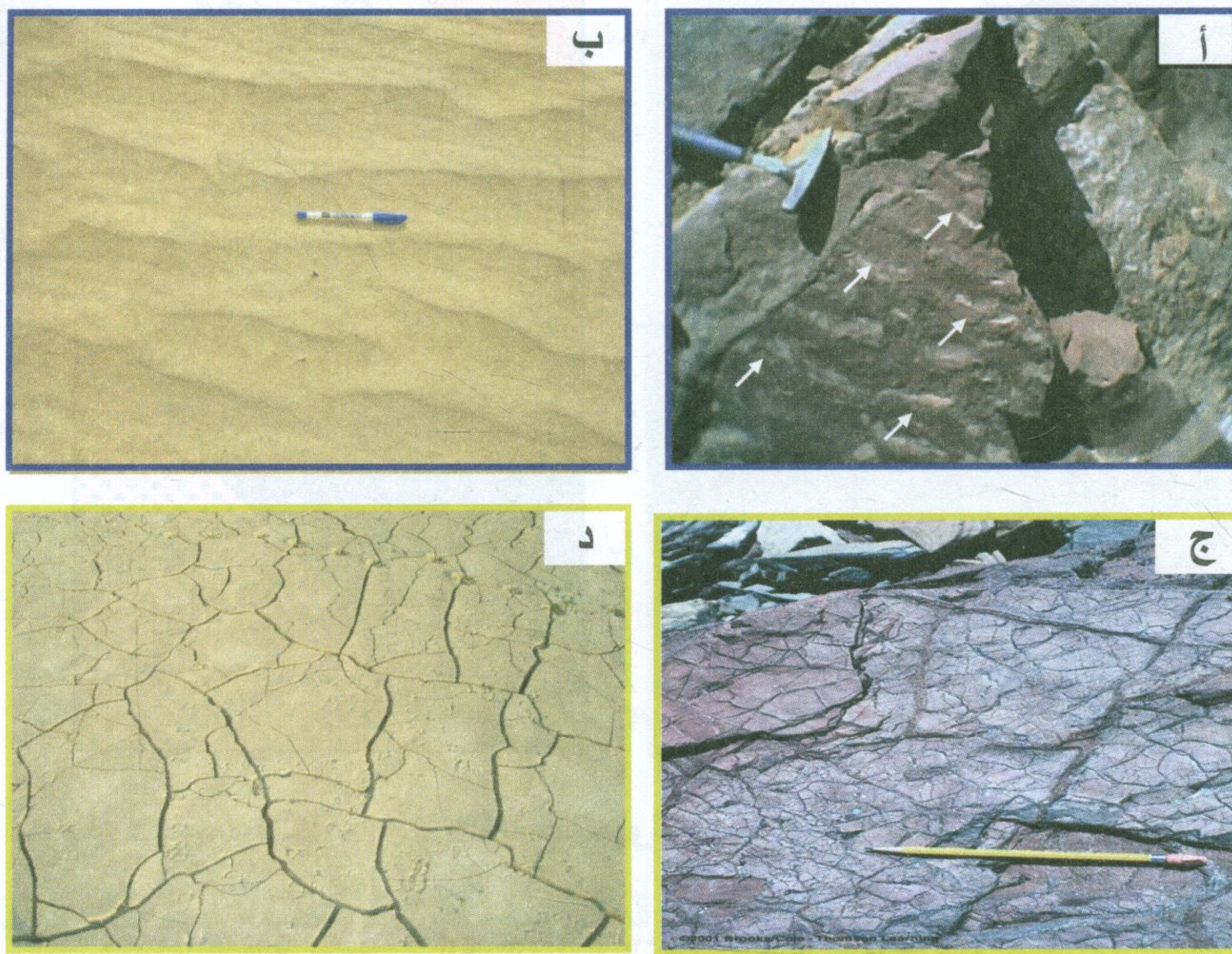
أمثلة لبعض القوانين والنظريات في الجيولوجيا
(Examples of some Laws and Theories in Geology)

نظرية (قانون) الوتيرة الواحدة (Uniformitarianism)

وضع هذه النظرية العالم الإنجليزي جيمس هوتون (James Hutton) في القرن التاسع عشر، والتي تفيد بأن الحاضر هو مفتاح الماضي، أي أننا نفهم

كيف حدثت العمليات الجيولوجية في العصور القديمة، منذ مئات الملايين من السنين من خلال فهم ما يتم الآن.

مثال ١: تتكون علامات النيم (ripple marks) بواسطة حركة الماء أو الهواء بحيث تدل حواف علامات النيم على اتجاه حركة التيار. حسب نظرية الوتيرة الواحدة فإن نشأة علامات النيم بالصخور القديمة (ما قبل الكمبري Pre-Cambrian) بمجموعة فاطمة (شكل ١-٩أ) تشابه مثيلتها بالصخور الرملية الحديثة بوادي حلي بالمملكة العربية السعودية (شكل١-٩ب).



شكل ١-٩. (أ) علامات النيم بصخور ما قبل الكمبري بمجموعة فاطمة، وادي فاطمة، المملكة العربية السعودية. (ب) علامات نيم حديثة بوادي حلي، المملكة العربية السعودية. (ج) شقوق الطين بالصخور القديمة. (د) شقوق الطين بصخور طينية حديثة.

مثال ٢: تتكون الشقوق الطينية (mud cracks) من جفاف الصخور الطينية المشبعة بالماء. حسب نظرية الوتيرة الواحدة فإن نشأة الشقوق الطينية بالصخور

القديمة (شكل ١-٩ج) تشابه مثيلتها بالصخور الطينية الحديثة بوادي حلي بالمملكة العربية السعودية (شكل ١-٩د).

قانون تتابع الحفريات (Law of Faunal Succession)

وضع هذا القانون الإنجليزي سميث (Smith) عام ١٨١٧م. ويمكن تعريف الحفريات على أنها بقايا متحجرة لهياكل صلبة لكائنات حية بعد موتها مباشرة. تلعب الحفريات دورًا مهمًا في الدراسات الاستراتيجرافية واستنتاج الزمن الجيولوجي ومضاهاة الطبقات، حيث يكون مداها الاستراتيجرافي (الفترة بين ظهورها وانقراضها) كبير، وانتشارها الجغرافي محدد ببيئات وظروف خاصة، وتتكون في أنواع معينة من الصخور. تكون الحفرية قرينة قوية لتحديد أعمار الطبقات إذا كان مداها الاستراتيجرافي قصيرًا ومحددًا ومداها الجغرافي متسعًا وشاملاً وتسمى الحفرية في هذه الحالة بالحفرية المرشدة، أو الحفرية الدليلية (index fossil).

نظرية انجراف القارات (Continental Drift Theory)

وضع هذه النظرية العالم الألماني فجنر (Wegener) عام ١٩٢٢م. فحواها أن سطح الأرض قبل ٢٠٠ مليون سنة، كانت تشغله قارة واحدة يابسة كبرى تسمى بانجايا (Pangaea)، ومحيط مائي واحد يسمى تيثيز (Tethys). ثم تكسرت بانجايا وتزحزحت أجزاؤها إلى مواقعها الحالية التي تشغلها اليوم قارات العالم. رغم أن هناك العديد من الأدلة والبراهين التى أيدت هذه النظرية، إلا أنها لم تلق قبولاً كبيرًا في بداية الأمر،


فجنر Wegener

ويرجع ذلك إلى أن فجنر لم يستطع أن يجيب عن التساؤل الأساسي لمعارضيه، وهو عن طبيعة القوى التي دفعت كتل القارات إلى التحرك وآلية ذلك التحرك.

نظرية انفراج المحيط (Sea-Floor Spreading Theory)


هاري هس
Harry Hess

وضع هذه النظرية هاري هس (Harry Hess) أثناء عمله كقائد لإحدى السفن الحربية الأمريكية أثناء الحرب العالمية الثانية. اعتمدت هذه النظرية على نتائج عمليات مسح الصدى الصوتي فى المحيط الهادى (echo-sounding surveys in the Pacific Ocean). توصل هس إلى أن قيعان المحيطات، تتكون نتيجة عمليات تدفق حراري، ونشاط بركاني على امتداد مرتفعات بمنتصف المحيط، تسمى حيد منتصف المحيط (mid-ocean ridge). يوجد براهين عديدة تؤيد هذه النظرية، منها أن أحدث أجزاء المحيط تكون عند حيد منتصف المحيط ، بينما أقدم الأجزاء تكون قريبة من القارات.

نظرية تكتونية الألواح (Plate Tectonic Theory)

تلعب هذه النظرية دوراً أساسياً في فهم العديد من الأحداث الجيولوجية التي تحدث اليوم. كما أنها استطاعت أن تجيب على العديد من الأسئلة، منها:

- لماذا يتكرر حدوث الزلازل والبراكين في مناطق محددة من العالم؟
- كيف ولماذا تشكلت سلاسل الجبال العظمى، مثل جبال الألب والهيمالايا بارتفاعاتها الشاهقة؟
- لماذا سطح الأرض غير مستقر؟
- كيف أخذت القارات والمحيطات مواقعها وأشكالها الحالية؟

تعتمد هذه النظرية على نظريتي انجراف القارات، وانفراج المحيط، وعلى العديد من الدراسات الجيولوجية الأخرى. تنص هذه النظرية على أن الطبقة الخارجية من الأرض مقسمة إلى عدد من الألواح أو الصفائح (plates)، يتجاوز اثنتي عشرة صفيحة، منها الكبيرة ومنها الصغيرة. هذه الصفائح تتحرك نسبة إلى بعضها، وهي تطفو فوق طبقة من الصهير الصخري عالي الحرارة. هناك ثلاث احتمالات للعلاقة بين أى لوحتين متجاورتين:

(١) الحواف المتباعدة (Divergent Plate Boundaries)

حيث يتكون قشرة محيطية جديدة بإضافة صهير من خلال حيد منتصف المحيط مما يؤدي إلى ابتعاد الألواح عن بعضها. مثال تباعد اللوح العربي (arabian plate) عن اللوح الأفريقي (african plate) وتكوّن البحرالأحمر (شكل ١-١٠).

(٢) الحواف المتقاربة (Convergent Plate Boundaries)

هناك ثلاث حالات للحواف المتقاربة (شكل ١-١٠):

أ- اندساس (subduction) لوحة محيطية تحت لوحة قارية.

ب- اندساس لوحة محيطية تحت لوحة محيطية.

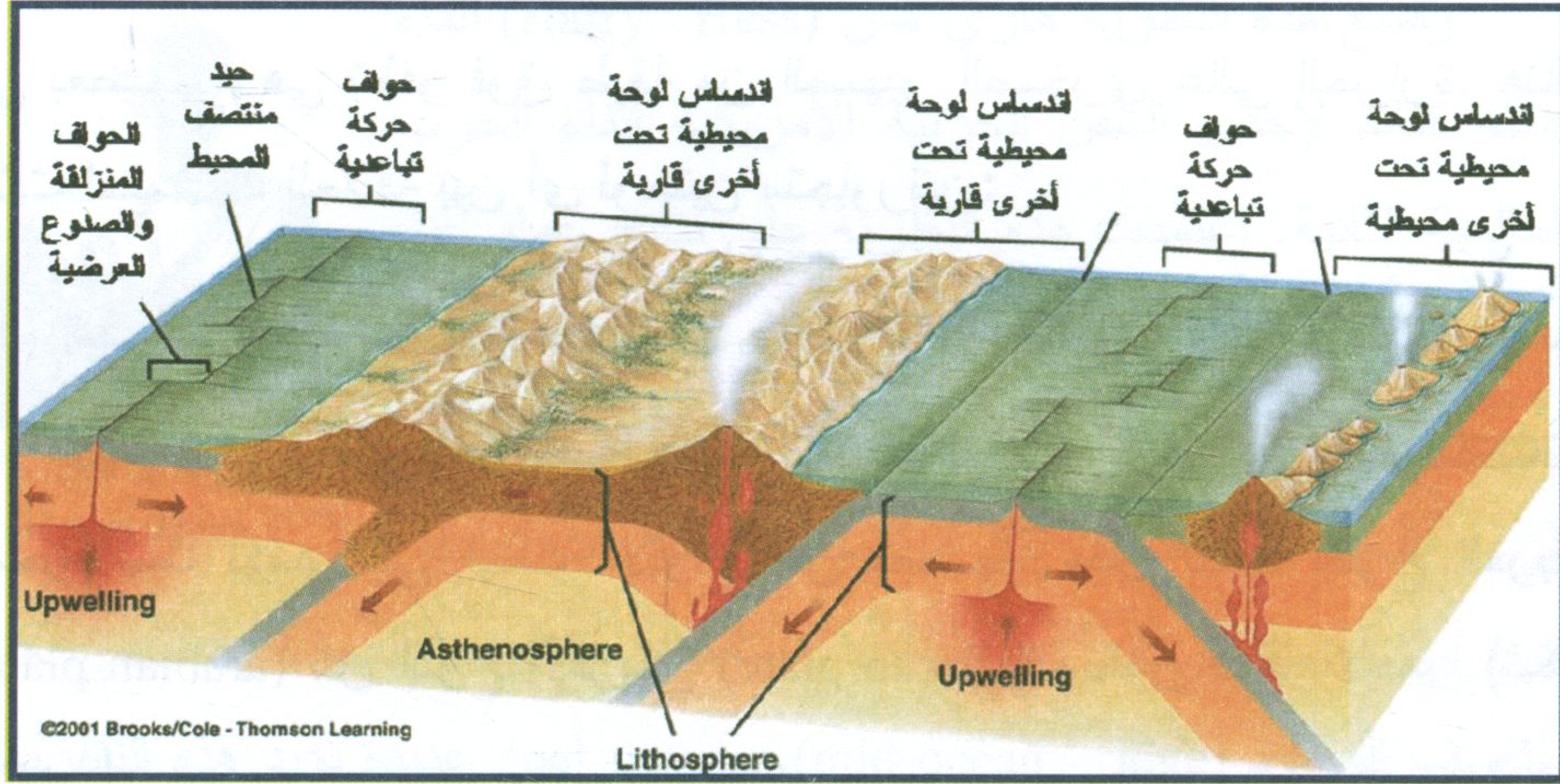
ت- اصطدام لوحتين قاريتين (collision).

(٣) الحواف المنزلقة والصدوع العرضية (Transform Plate Boundaries)

تتقاطع مع الأعراف المحيطية شقوق عمودية تقريبا، وتؤدي إلى إزاحتها (displacement) إزاحات متتالية بحيث تتخذ الأعراف شكلاً سلميًا، وهذه الشقوق تسمح بانزلاق القشرة المحيطية المتكونة فى لوحتين متقابلتين بسرعتين

مختلفتين. وقد سميت هذه الشقوق بالصدوع العرضية (transform faults) وتتميز بالإزاحة الأفقية (شكل ١-١٠).

سوف يتم تناول نظرية تكتونية الألواح بالتفصيل بالباب الحادي عشر.



شكل ١-١٠. الأنواع المختلفة لحركية الألواح.

بعض الحقائق العامة

- الأرض في تغير مستمر منذ نشأتها، ومستمر حتى الآن.
- الأرض هي الكوكب الوحيد الذي تنمو فيه الحياة في الكون.
- عمر الأرض حوالي ٤٦٠٠ مليون سنة، وعمر الإنسان على الأرض حوالي ٢ مليون سنة فقط.
- أول ظهور لكائنات متعددة الخلايا منذ حوالي ٧٠٠ مليون سنة.
- الكائنات شاهدت حوالي ١٥٪ من تاريخ الأرض، بينما شاهد الإنسان حوالي ٠,٠٤٣٪ فقط!!!
- الفترة الزمنية والتي تقدر بمليون سنة تعد فترة قصيرة جداً عند الجيولوجيين.
- السنة الضوئية هي وحدة قياس مسافة، وتساوي تقريباً ١٠ مليون مليون كم، وهي المسافة التي يقطعها الضوء بسرعته المعهودة ٣٠٠٠٠٠ كم/ثانية خلال سنة أرضية كاملة.
- سرعة دوران الأرض حول نفسها هي ٠,٥ كم/ث، وحول الشمس هي ٣٠ كم/ث، وسرعة دوران المجموعة الشمسية حول مجرة درب التبانة هي ٢٥٠ كم/ث، ومجرة درب التبانة تتحرك بسرعة ٣٠٠ كم/ث ضمن مجموعة المجرات التي تنتمي إليها.
- مدة الخسوف الكلي للقمر ١٠٠ دقيقة، لكن المدة من بداية الظاهرة حتى نهايتها تبلغ أكثر من ٥ ساعات.
- أعمق منطقة في العالم تقع في أخدود ماريناس (Marianas trench) في المحيط الهادي ويبلغ عمقها ١١,١٣٧ كم.

أسئلة وتدريبات

١- أجب على الأسئلة التالية:

١) ما المقصود بعلم الأرض (الجيولوجيا)؟
٢) ناقش علاقة الجيولوجيا بالعلوم الأخرى؟
٣) ما المقصود بالجيولوجيا العامة ؟
٤) ما المقصود بالعمليات الداخلية؟
٥) ما المقصود بالعمليات الخارجية؟
٦) كيف تؤثر الجيولوجيا على حياتنا اليومية؟
٧) ناقش أسس التفكير العلمي في الجيولوجيا؟
٨) اذكر مثال يبين أسس التفكير العلمي في الجيولوجيا؟
٩) كيف نتحقق من صلاحية قانون ما أو نظرية جيولوجية؟

٢- عرف المصطلحات التالية:

١) الفرضية (hypothesis)
٢) النظرية (theory)
٣) القانون (law)
٤) قانون الوتيرة الواحدة (uniformitarianism)
٥) قانون تتابع الحفريات (law of faunal succession)

الباب الثاني

الأرض والكون (Earth and Universe)

- مقدمة
- نظرية الانفجار الكبير
- نشأة الأرض والمجموعة الشمسية
- النظام الشمسي
- الشمس
- النشاط الشمسي
- الكواكب
- القمر
- الكويكبات
- الشهب والنيازك
- المذنبات
- تركيب الأرض
- التركيب الداخلي للأرض
- الدورة الصخرية

مقـــدمــــــة (Introduction)

اعتقد الإنسان قديمًا أن الكون ما هو إلا ما نراه بالعين المجـــردة، ولكــن سرعان ما اتضحت الصورة وتوسعت مع اكتشاف التلوسكوبات على اخــتلاف أنواعها، والتي مكنته من النظر في أعماق هــذا الكـــون، ومـــشاهدة عــشرات الملايين من المجرات، والتي تحوي الواحدة منها بلايين النجوم.

لقد أصبح يقصد بلفظة "الكون" مجموع الموجودات الكائنـــة مـــن مختلــف صور المادة، والطاقة، والزمان، والمكان، وما تتشكل عليه من كافة الجمـــادات، والأحياء. وبشكل عام تنطوي الدراسات المتعلقة بالكون تحت قسمين رئيـــسيين، هما علم الكون (cosmology)، وعلم أصل الكون (cosmogenesis).

تتركز مادة الكون في أماكن محدودة منه على هيئة تجمعات هائلـــة مـــن النجوم وأجرام أخرى تعرف بالمجرات (Galaxies). لقد وضـــع العديـــد مـــن الفرضيات والنظريات التي تحاول أن تلقي الضوء على طريقة نـــشأة الكـــون، ومنها:

١- نظرية الانفجار الكبير (big bang theory)

٢- نظرية الكون المتضخم (inflationary theory)

٣- نظرية الحالة الثابتة (steady state theory)

سنعرض فيما يلي أهم هذه النظريات وأفضلها حتى الآن في تفسير حالة الكـــون الحالية، وهي نظرية الانفجار الكبير.

نظرية الانفجار الكبير (Big Bang Theory)

يعتبرعالم الكونيات فريد هويل (Fred Hoyl) هو أول من أطلق مصطلح "البيج بانج" أو الانفجار الكبير، لكي يعبّر عن تكون الكون بسبب انفجار عظيم لنجم هائل. ورغم أن هذه النظرية قد أعطت تصورًا عن ولادة الكون وتطوره، إلا أنها لم تعط تصورًا عمّا كان عليه الكون قبل الانفجار، وعن حالته البدائية، وعن زمن بداية هذا الانفجار بشكل دقيق. ويمكن تلخيص فحوى هذه النظرية في النقاط التالية:

١) حدث الانفجار الكبير منذ حوالي ٨ – ٢٠ بليون سنة مضت وهذا الرقم ليس دقيقًا، فالبعض يقول منذ ١٥ بليون سنة بينما يقدره آخرون بـ ١٣ بليون سنة، وقد اخترنا الرقم الأول لأنه يقارب جميع الاحتمالات.

٢) اللحظة ٠,٠١ ثانية من عمر الكون: كثافة هائلة من الطاقة الإشعاعية والجسيمات الأولية (الكواركات Quarks) ومضادات الكواركات. يتألف كل من البروتون والنيترون من ثلاث كواركات. تصل درجة الحرارة في هذه المرحلة إلى ١٠٠ بليون درجة مئوية (شكل ٢-١).

٣) الثانية الأولى من عمر الكون: تنخفض درجة الحرارة إلى ١٠ بليون درجة مئوية حيث تتكون الإلكترونات والنيوترونات.

٤) ١٥ ثانية – ٤٠ دقيقة من عمر الكون: تنخفض درجة الحرارة إلى أقل من مليون درجة مئوية وتتكون نوى الهيليوم من اتحاد بروتونين ونيترونين.

٥) ١ مليون سنة من عمر الكون: يواصل الكون تمدده ونموه حيث تصل درجة الحرارة إلى أقل من بضع آلاف درجة مئوية. يتكون أولاً الهيدروجين من دوران إلكترون حول بروتون، وتتكون ذرات الهيليوم من دوران إلكترون حول نوى الهيليوم المتكونة في المرحلة السابقة، وتتكون ذرات العناصر الأخرى تباعًا.

٦) بليون سنة من عمر الكون: بدأت المجرات في التشكيل.

٧) ٥ بليون سنة من عمر الكون: تكون المجرات ومنها مجرة درب التبانة التي تنتمي إليها الأرض.



شكل ٢-١. مراحل تكّون الكون.

٨) اليوم وبعد ٨-٢٠ بليون سنة من الانفجار الكبير: تكونت جميع المجرات التي تم تسجيلها بواسطة الفلكيين (شكل ٢-١).

ورغم أن نظرية الانفجار الكبير لاقت اتفاقًا كبيرًا بين علماء الفلك في تفسيرها لنشأة الكون، إلا أن هناك ثلاثة مشاكل واجهتها:

١- مشكلة الشكل المسطح للكون (flatness problem)

لماذا يتخذ الكون شكلاً مسطحًا تقريبًا ؟

٢- مشكلة متعلقة بأفق الكون (horizon problem)

لماذا يكون الكون أيْزوتروبيًا ؟

٣- مشكلة متعلقة بنسقية الكون (smoothness problem)

لماذا يكون الكون منبسطًا سلسًا ؟

الأدلة التي أيدت نظرية الانفجار الكبير

(Evidences that Support Big Bang Theory)

١- وجود الخلفية الإشعاعية (background radiation) أو الحرارية التي ثبت وجودها منتشرة في الكون المنتشر حولنا.

٢- مشاهدة تحرك المجرات بعيدًا عن الأرض وتأتي ذلك بفحص إزاحة الضوء الأحمر (red shift) والذي يظهر من المجرات البعيدة.

٣- تصل درجة حرارة الفضاء إلى ٣ درجة كلفن.

٤- كثرة وجود الهيدروجين والديوتيريوم (deuterium) والهيليوم والليثيوم في الكون.

مجرة درب التبانة (Milky Way Galaxy)

١- هي الحيز السماوي الأبيض الطويل والسديمي الحلزوني والذي تقع فيه الأرض، ويضم أيضًا حوالي ١٠٠ بليون نجم (الشمس واحدة منها).

٢- تنتظم هذه النجوم على هيئة قرص مسطح شبه مستدير يبلغ قطره حوالي ١٠٠,٠٠٠ سنة ضوئية، ويبلغ سمكه حوالي ٥٠٠٠ سنة ضوئية في الأطراف و يوجد في مركزه انتفاخ يصل سمكه إلى ١٠,٠٠٠ سنة ضوئية تتركز فيه النجوم بكثافة أكثر من باقي أجزاء القرص.

٣- تقع الشمس ومجموعتها من الكواكب بالقرب من طرف القرص، في ثلث المسافة تقريبًا من الحافة إلى المركز.

٤- تدور المجرة بكل ما تحويه من نجوم وغيرها حول محورها بسرعة تبلغ عند شمسنا ٢٠٠ كم في الثانية، وتتم دورتها في حوالي ٢٠٠ مليون سنة، أي أنها قد أتمت ٢٠ دورة منذ أن خُلقت الأرض.

٥- تتحرك النجوم بداخل المجرة حركات مستقلة بالنسبة إلى بعضها.

٦- تحوي مجرة درب التبانة على أربعة أذرع حلزونية هي:

- ذراع البجعة (الدجاجة)
- ذراع برشاوش
- ذراع الرامي
- ذراع قنطوريوس

نشأة الأرض والمجموعة الشمسية
(Origin of the Earth and Solar Group)

سعيًا وراء الحقيقة، حاول العلماء أن يضعوا نظريات عن كيفية نشأة الأرض والمجموعة الشمسية، وهذه النظريات ما زالت غير مؤكدة وعرضة للتغيير. نستعرض فيما يلي باختصار أهم هذه النظريات لمعرفة تطور الأفكار العلمية في هذا الاتجاه من وقت لآخر بحثًا عن الحقيقة الواحدة التي لا يعلمها إلا الله سبحانه وتعالى، وتبارك الخالق الذي قال " وَمَآ أُوتِيتُم مِّنَ الْعِلْمِ إِلاَّ قَلِيلاً " (سورة الإسراء، آية ٨٥).

نظرية بافون (Buffon Theory)

وضع هذه النظرية كل من جورج لويس (George Louis) وكنت بافون (Kant Buffon) (١٧٠٧-١٧٨٨م)، وتنص على أن هناك نجمًا قد اصطدم بالشمس مما أدى إلى تطاير أجزاء منها متناثرة بعيدة عنها في الفضاء الكوني، لتكون الكواكب السيارة المعروفة ومن بينها الأرض.

النظرية السديمية (Nebular Theory)

وضع هذه النظرية العالم الفرنسي بيير سيمون لابلاس (Pierre Simon Laplace) (١٧٤٩-١٨٢٧م). تعزو هذه النظرية تكون المجموعة الشمسية بما فيها الأرض من السديم كما هو واضح من الشكل رقم (٢-٢). تعتمد هذه النظرية على مشاهدتين أساسيتين: (أ) وجود ما يشبه السحاب أو "السديم" في الفراغ الكوني، (ب) أن الفراغ الكوني به أيضًا كثير من الحلقات السحابية أو السديمية تحيط ببعض الكواكب مثل حلقات زحل.

نظرية فريد هويل (Fred Hoyle Theory)

تعزو هذه النظرية نشأة الأرض والمجموعة الشمسية إلى انفجار نجم بالقرب من الشمس (توأم الشمس) مما أدى إلى تطاير المواد الغازية المتناثرة عنه في الفضاء الكوني بقوى مختلفة، الأمر الذي جعل هذه المواد المتطايرة تأخذ طريقها للشمس بفعل جاذبيتها، وتكّون بعد ذلك الكواكب السيارة بالتكثيف. تعتمد هذه النظرية أساسًا على ما يشاهد أحيانًا اليوم من أن نجمًا ما يتوهج لمدة قصيرة ليصبح من ألمع نجوم السماء، وبعد يوم أو يومين يختفي توهجه تدريجيًا ليعود إلى ما كان عليه.

نظرية التكاثف (Condensation Theory)

تستند هذه النظرية إلى الأحداث الطبيعية التي تحدث في الكون والتي نستطيع مشاهدتها أو مشاهدة آثارها اتباعًا لمبدأ الوتيرة الواحدة، وهي نفس القوانين والأحداث التي تفسر باقي الظواهر الكونية. إنها تشبه النظرية السديمية، حيث تعتبر أن المجموعة الشمسية تكونت فلكيًا في نفس الوقت، ومن نفس المادة. تختلف هذه النظرية عن النظرية السديمية في أنها تعتبر أن المجموعة الشمسية تكونت من سديم غازي، وغبار ضخم، وليس من سديم غازي فقط.

رغم أن نظرية بافون تعد من أوائل النظريات الجيولوجية التي استطاعت أن تربط بين المشاهدات المختلفة لإيجاد تاريخ جيولوجي منسق للأرض، فقد تعرضت هذه النظرية لكثير من النقد وخصوصًا من جانب كثير من علماء الرياضيات والفيزياء. كما تعتبر نظرية هويل ضربًا من الخيال في الوقت الحاضر، لما يكثر عنها من تساؤلات مثل: كيف بدأ دوران الكواكب؟ وكيف تكونت الأقمار أو التوابع؟ وغيرها من الأسئلة... وعلى الجانب الآخر نجد أن النظرية السديمية قد لاقت ترحيبًا كبيرًا بين العلماء حيث يوجد أدلة كثيرة تؤيدها وتعضد من شأنها، ومنها:

١- أظهرت الصور الصادرة من التلسكوبات الحديثة (Hubble Space Telescope, HST) أن هناك نجومًا تولد وأخرى بها أقراص حولها، ويتفق ذلك على ما ورد بالنظرية السديمية.

٢- ظهور إزاحة للضوء الأزرق والأحمر (spectral red/blue shifts) بشكل دوري من النجوم القريبة لنا، مما يدل على وجود كواكب حول هذه النجوم.

٣- وجود تغير طفيف في أوضاع النجوم وما يوافقه من تغير على الكواكب التي تدور حوله يعد دليلاً آخرًا لوجود هذه الكواكب.

٤- يقدم العلماء اليوم بعض الأدلة على وجود كواكب أخرى إضافية للمجموعة الشمسية (extrasolar planets)، مما يدل على صحة النظرية السديمية.

يوضح شكل (٢-٢) مراحل تكّون المجموعة الشمسية حسب النظرية السديمية والتي يمكن تلخيصها في النقاط التالية:

(أ) تكثيف سحابة من الغبار والغازات المتخلفة عن الانفجار الكبير بفعل قوى التجاذب التثاقلي (gravitational collapse) منذ ما يقرب من ١٣ بليون سنة حسب بعض التقديرات.

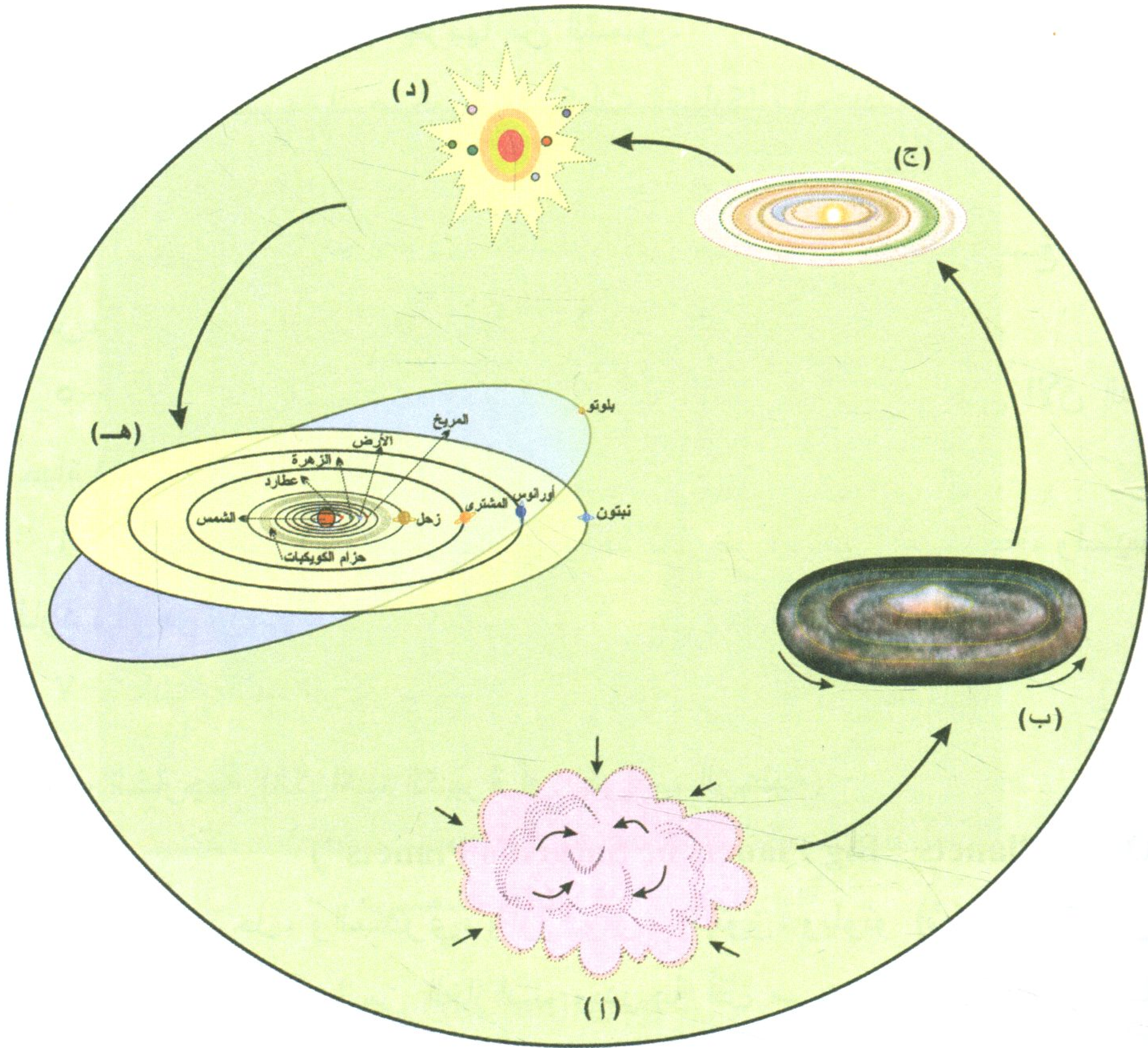
(ب) ظلت هذه السحابة الكونية تكبر وتزداد فى الحجم، ثم بدأت في التفلطح والدوران وتركيز مادتها في الجزء الأوسط منها (السديم الشمسي solar nebula)، لتكوّن وليدة الشمس (embryonic sun).

(ج) اضطراب في السديم الشمسي، أدى إلى حدوث دوامات ساعدت على تركيز مادة السديم لتكوين كرات أصغر (planetesimals) فى أطراف السحابة بفعل الجاذبية لتدور جميعها حول الشمس الوليدة.

(د) تكثيف الشمس الوليدة مع تسخين لبضع ملايين الدرجات المئوية، نتج عن ذلك، الإشعاع الشمسي، وتكوّن أجزاء من النظام الشمسي.

(هـ) ولادة الشمس، وبداية احتراق الهيدروجين، وتجّمع العناصر الأخرى لتكوّن الكواكب، والأقمار، والكويكبات الموجودة فى مجموعتنا الشمسية.

(و) وأخيرا ومنذ حوالى ٤٦٠٠ مليون سنة، تكونت الأرض من سحابة هائلة تدور حول نفسها من غازات ملتهبة. وعندما بردت هذه الغازات وتكاثفت، تكوّنت الصخور وغطت البراكين بعدها الكرة الأرضية وتكوّنت البحار من تكاثف بخار الماء الساخن وكان الجو مكوناً من غازات مثل الميثان وأول أكسيد الكربون، والأمونيا مع انتشار البرق والعواصف الشديدة والأمطار فى جو الأرض.



شكل ٢-٢. مراحل تكوّن المجموعة الشمسية حسب النظرية السديمية.

النظام الشمسي (Solar System)

يتكون النظام الشمسي من الشمس وما يدور حولها من كواكب، وأقمار وكويكبات، ومذنبات، وشهب، ونيازك، وبشكل عام تنقسم كواكب المجموعة الشمسية إلى قسمين يفصل بينهما حزام الكويكبات:

الكواكب الداخلية (الكواكب الصغيرة أو الكواكب الأرضية)

(Inner Planets "Small Planets or Earth's Planets")

١- تضم عطارد، والزهرة، والأرض، والمريخ (شكل ٢-٣).

٢- تتسم هذه الكواكب بقربها من الشمس.

٣- تتكون من مواد صخرية (مركبات السيليكا والحديد وقليل من الغازات (هيدروجين + هيليوم).

٤- حجم أقل وكتلة أقل مقارنة بالكواكب الخارجية، حيث يبلغ قطر الأرض، وهو أكبر كواكب هذا القسم، ١٢٧٥٦ كم فقط.

٥- يتميز هذا القسم بكونه يضم الكوكب الوحيد المعروف حتى الآن الذي به حياة وهو كوكبنا الأرض.

٦- يتميز بقلة أقماره (٣ أقمار)، واحد للأرض، واثنان للمريخ، وليس لعطارد والزهرة أقمار.

٧- ذات غلاف جوي خفيف.

الكواكب الخارجية (الكواكب الكبيرة أو الكواكب الزحلية)

(Outer Planets "Big Planets or Saturn's Planets")

١- تضم زحل، والمشتري، وأورانوس، ونبتون، وبلوتو (شكل ٢-٣).

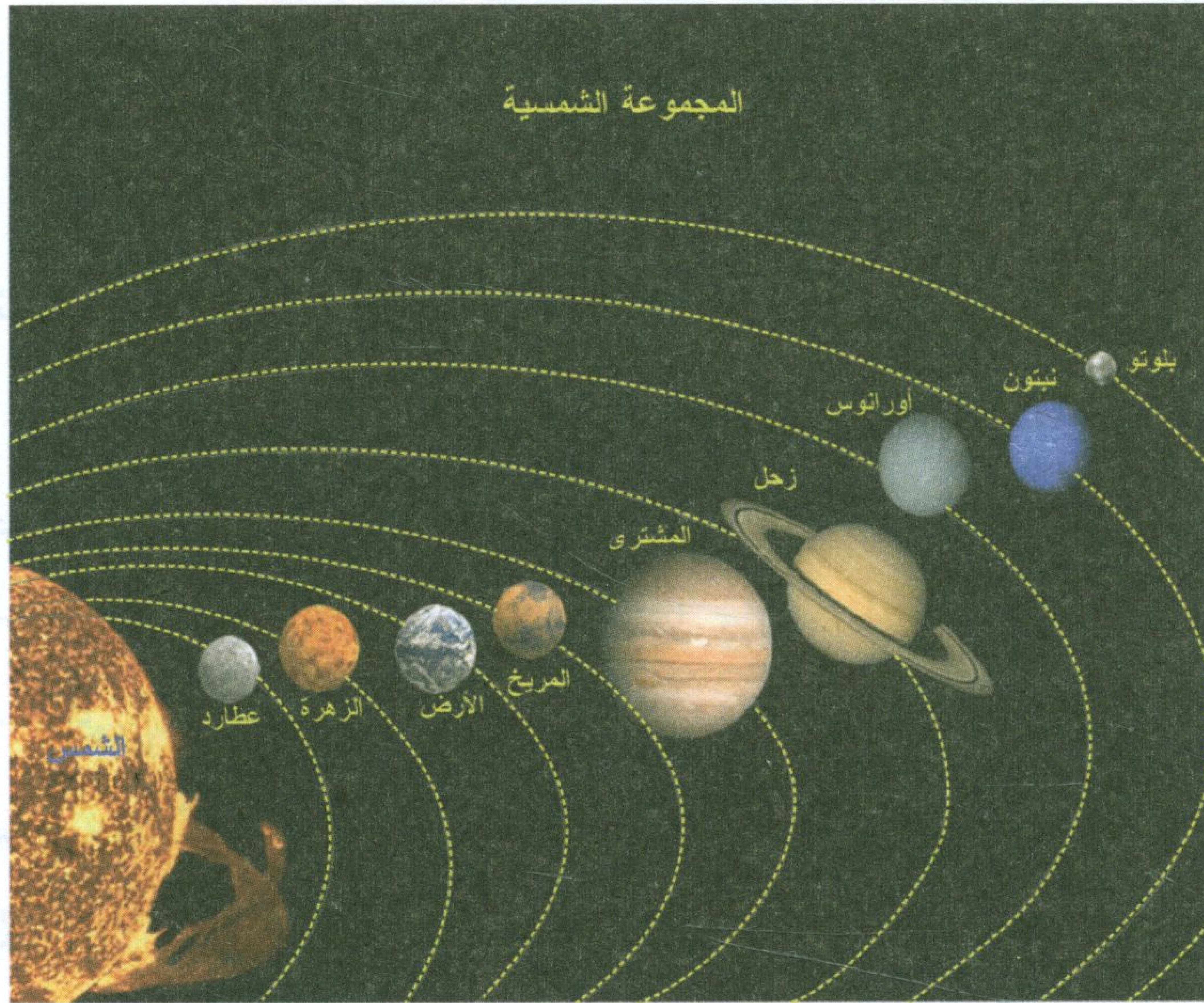
٢- تتكون معظمها من الغازات، وبدرجة أقل من الثلوج (الأمونيا، والميثان، وثاني أكسيد الكربون، والماء) ونسبة قليلة من المواد الصخرية المتمركزة في اللب.

٣- حجم و كتلة أكبر مقارنة بالكواكب الداخلية، فنبتون وهو أصغر هذه الكواكب الأربعة يفوق قطره قطر الأرض بحوالي أربع مرات، أي أن قطره يفوق قطر كل كواكب القسم الداخلي مجتمعة بمرة ونصف.

٤- تتميز بكثرة الأقمار: ٦٣ قمرًا للمشتري، و٥٠ لزحل، و٣٠ لأورانوس، و١٧ لنبتون.

٥- تمتلك حلقات تدور حولها.

٦- غلاف جوي سميك يتكون من الهيدروجين، والهيليوم، والميثان، والأمونيا.



شكل ٢-٣. النظام الشمسي.

الشمس (The Sun)

١- هي واحدة من أكثر من ٢٠٠ مليار نجمة في مجرتنا درب التبانة (Milky Way Galaxy).

٢- توجد الشمس في إحدى أذرع مجرة درب التبانة، وتبعد عن مركز المجرة بحوالي ٣٠ ألف سنة ضوئية.

٣- تعود كل مصادر الطاقة على الأرض بأصولها إلى الطاقة الشمسية التي نتلقاها من الشمس.

٤- تبعد عن الأرض بحوالي ١٥٠ مليون كيلو مترًا.

٥- يحتاج الضوء حوالي ٨ دقائق وعشرون ثانية ليصل إلى الأرض بسرعة ٢٩٩,٧٩٢ كم/ثانية.

٦- يبلغ قطرها ١,٣٩٢,٠٠٠ كيلو مترًا، أي يمثل ١٠٩ مرة قطر الأرض.

٧- يعادل حجم الشمس ١,٣٠٠,٠٠٠ مرة حجم الأرض.

٨- تبلغ كتلة الشمس ١,٩٩×٣٠^١٠ كجم حيث تمثل ٩٨,٨٪ من كتلة المجموعة الشمسية، أي حوالي ٣٣٠.٠٠٠ مرة كتلة الأرض.

٩- تبلغ درجة حرارة الشمس في مركزها ١٥ مليون درجة مئوية وعلى سطحها حوالي ٥,٥٠٠ درجة مئوية.

١٠- الفترة الفلكية للدوران حول نفسها ٣٠ يومًا.

١١- تتكون الشمس من الهيدروجين كمكون أساسي حيث يمثل ٧١٪ من كتلة الشمس، وخلال عملية إنتاج الطاقة تتحول ذرة الهيدروجين إلى الهليوم، والذي يمثل ٢٧,١٪ من كتلة الشمس، والباقي عناصر أخرى مثل الأكسجين والذي يمثل ٠,٩٧٪، والكربون، والكبريت، والنيتروجين (شكل ٢-٤).

تتكون الشمس من:

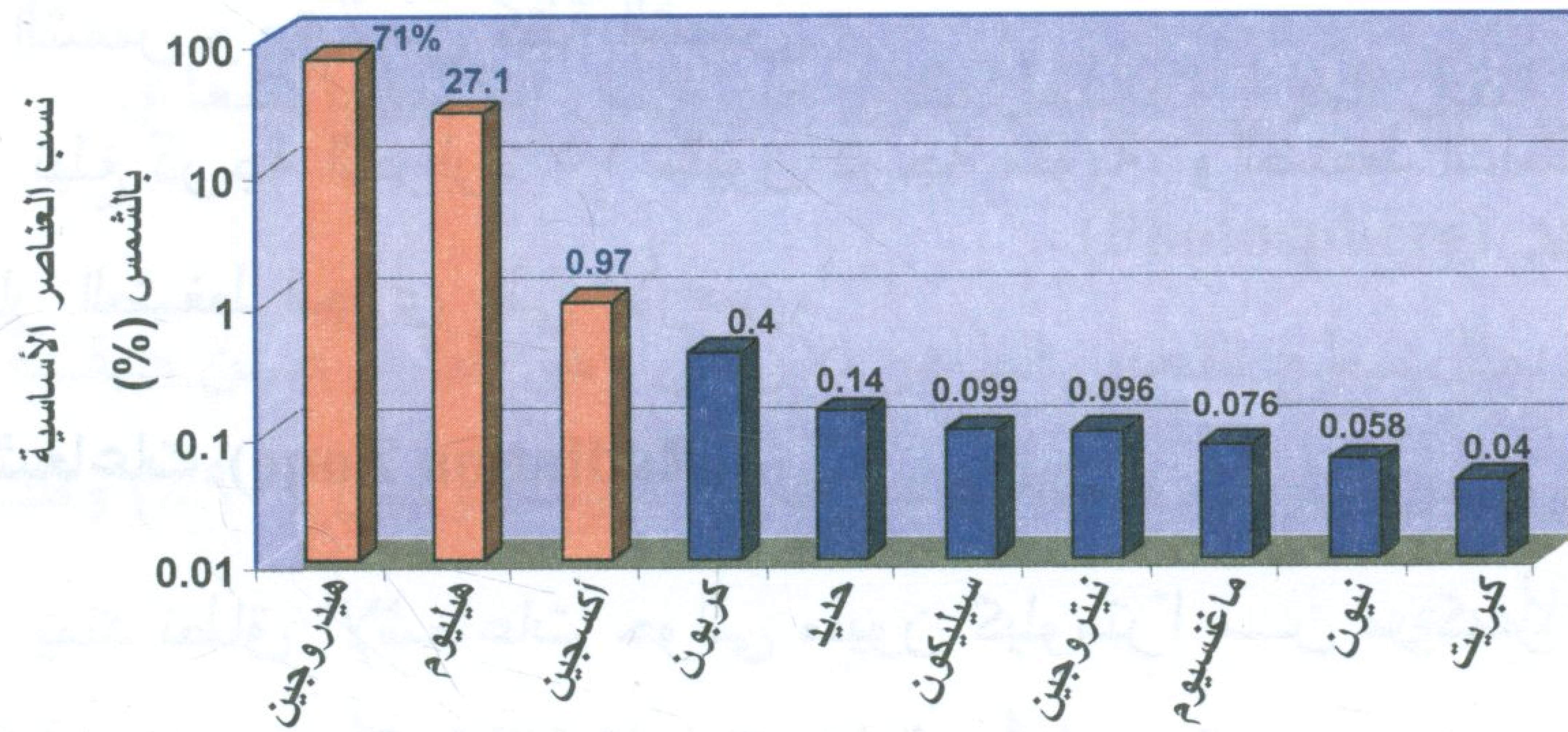
١- الغلاف الداخلي (شكل ٢-٥):

- نطاق انتقال الحرارة بالحمل (convection zone)
- نطاق الإشعاعات (radiation zone)

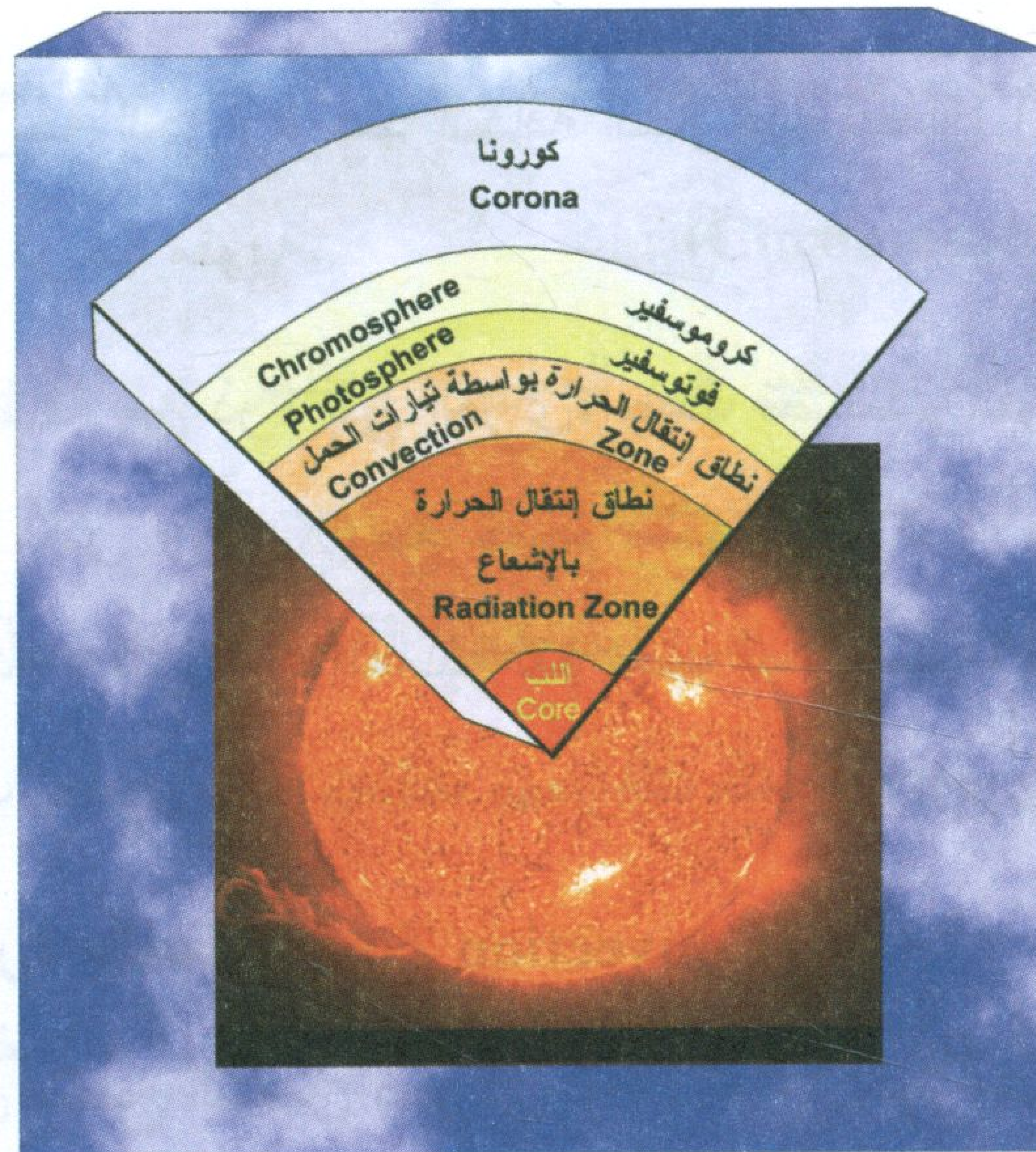
- اللب (core)

٢- الغلاف الجوي للشمس (solar atmosphere) (شكل ٢-٥):

- الكورونا (corona)
- الكروموسفير (chromospheres)
- الفوتوسفير (photosphere)



شكل ٢-٤. نسب توزيع عناصر الشمس نسبةً إلى كتلتها الكلية.



شكل ٢-٥. رسم تخطيطي لمقطع في الشمس يوضح تتابعات الأغلفة المكونة لها.

اللب (Core)

١- يتكون من الهيليوم.

٢- تتم فيه التفاعلات النووية التى تنتج الطاقة من تحول الهيدروجين إلى الهيليوم.

٣- يمتد حوالى ربع المسافة من المركز إلى السطح، ويمثل حوالى ١,٥٪ من حجم الشمس و٥٠٪ من كتلة الشمس.

٤- تبلغ درجة الحرارة ١٥ مليون درجة مئوية، والضغط الداخلي حوالي ٣٠٠ مليار الضغط الجوى على الأرض.

نطاق الإشعاعات (Radiation Zone)

١- يمتد نطاق الإشعاعات حوالى مليون كيلومترًا من مركز الشمس وتصبح أكثر برودة، وأقل كثافة كلما اتجهنا إلى أعلى.

٢- تنتقل فيه الحرارة بالإشعاع وليس بتيارات الحمل.

٣- تزداد درجة الحرارة عند الحافة الخارجية لنطاق الإشعاعات حيث تصل ٤٥٠٠٠٠٠ درجة مئوية.

٤- تنتقل الطاقة من ذرة إلى أخرى، حيث تصطدم الفوتونات المنطلقة على صورة أشعة أكس (X-ray) مع جسيم مشحون، والذى يقوم بامتصاصها ثم إعادة إشعاعها ثانية، ولكن هذه العملية تتم بعشوائية مطلقة، مما يؤدي إلى انطلاق الإشعاعات بصورة شاذة ذات مسارات متعرجة (zig-zag).

نطاق انتقال الحرارة بالحمل (Convection Zone)

١- يبعد عن سطح الشمس بحوالي ١٥٠,٠٠٠ كم.

٢- تنتقل فيه الحرارة عن طريق تيارات الحمل وليس الإشعاع.

٣- تنخفض فيه درجة الحرارة إلى ٢ مليون كلفن، مقارنة بـ ٥ مليون كلفن بنطاق انتقال الحرارة بالإشعاع.

٤- تنتقل الحرارة عن طريق صعود المواد الساخنة من الأسفل بالقرب من نطاق الإشعاع إلى أعلى، وهبوط المواد الأكثر برودة إلى أسفل كي يتم تسخينها وتصعد إلى أعلى مرة أخرى بطريقة تشابه عملية غليان الماء في إناء.

٥- انتقال الحرارة بالحمل يكون أسرع من انتقالها بالإشعاع.

الفوتوسفير (Photosphere)

١- يمثل سطح الشمس الظاهر للأرض وهو عبارة عن طبقة بيضاء لامعة تتكون من غازات ساخنة يغلب عليها الهيدروجين (٩٠٪) وقليل من الغازات الأخرى.

٢- يصل سمكه إلى حوالي ١٠٠ كم.

٣- درجة حرارته أقل من نطاق الحمل حيث تصل ٥٨٠٠ كلفن.

٤- يترك الضوء هذه الطبقة ليصل إلى الأرض بعد حوالي ٨ دقائق.

الكروموسفير (Chromosphere)

١- يلي طبقة الفوتوسفير إلى الخارج، وتظهر في أغلب الأحيان على شكل حافة حمراء رقيقة حول الشمس.

٢- طبقة رقيقة من الغازات المتوهجة الحارة وتبلغ سماكتها ٢٠٠٠ كم.

٣- يتكون من طبقة ملونة غالبا من غازي الهيدروجين والهيليوم تحت ضغط منخفض.

٤- أقل سماكة من الفوتوسفير، لذا نستطيع الرؤية من خلاله.

٥- يكون الجزء السفلي منه أكثر برودة من الفوتوسفير ولكن تزداد درجة الحرارة بالارتفاع لأعلى.

٦- درجة حرارة هذه الطبقة حوالي ٢٠ ألف درجة مئوية.

الكورونا (الطبقة التاجية) (Corona)

١- تمثل الجزء الخارجي من الغلاف الخارجي للشمس.

٢- طبقة متباينة وتشبه الكروموسفير ولونها أبيض فضي.

٣- يتكون من الغازات المتأينة والتي تمتد عمومًا بحدود مليون كيلو متر من الشمس.

٤- ينتج بريقا يعادل نصف البريق الذي يعطيه القمر المكتمل.

٥- تنطلق الغازات المتأينة عند الحافة الخارجية من الكورونا بسرعة كبيرة كافية لهروبها من مجال جاذبية الشمس.

٦- ترتفع فيه درجة الحرارة إلى مليون درجة كلفن، حيث يمثل ثاني أسخن جزء بالشمس.

النشاط الشمسي (Solar Activity)

الوهج الشمسي (الألسنة النارية Solar Flares)

١- ينتج الوهج الشمسي على سطح الشمس من انطلاق كمية كبيرة من الطاقة المحتجزة بفعل مجال مغناطيسي كبير.

٢- تتميز ظاهرة الوهج بقصر فترة دوامها ويصاحبها انفجارات رهيبة تقذف ببعض المكونات الشمسية إلى الفضاء، ويصطدم بعضها بغازات الطبقة العلوية للغلاف الجوي للأرض، حيث تتكون العواصف المغنطيسية.

البقع الشمسية (Sunspots)

١- هي مناطق اضطراب ومساحات قاتمة توجد على سطح الشمس وتنجم عن تركيز مجالات مغنطيسية غير منتظمة.

٢- مناطق باردة نسبيًا مقارنة مع المناطق الساخنة المحيطة بها، بحيث تبدو كبقع سوداء مستديرة أو بيضاوية، مركزها مظلم نسبيًا، ذات طاقة مغنطيسية عالية ويمكن أن تنطلق كبركان.

٣- تمثل ١ ٪ من المساحة السطحية للشمس.

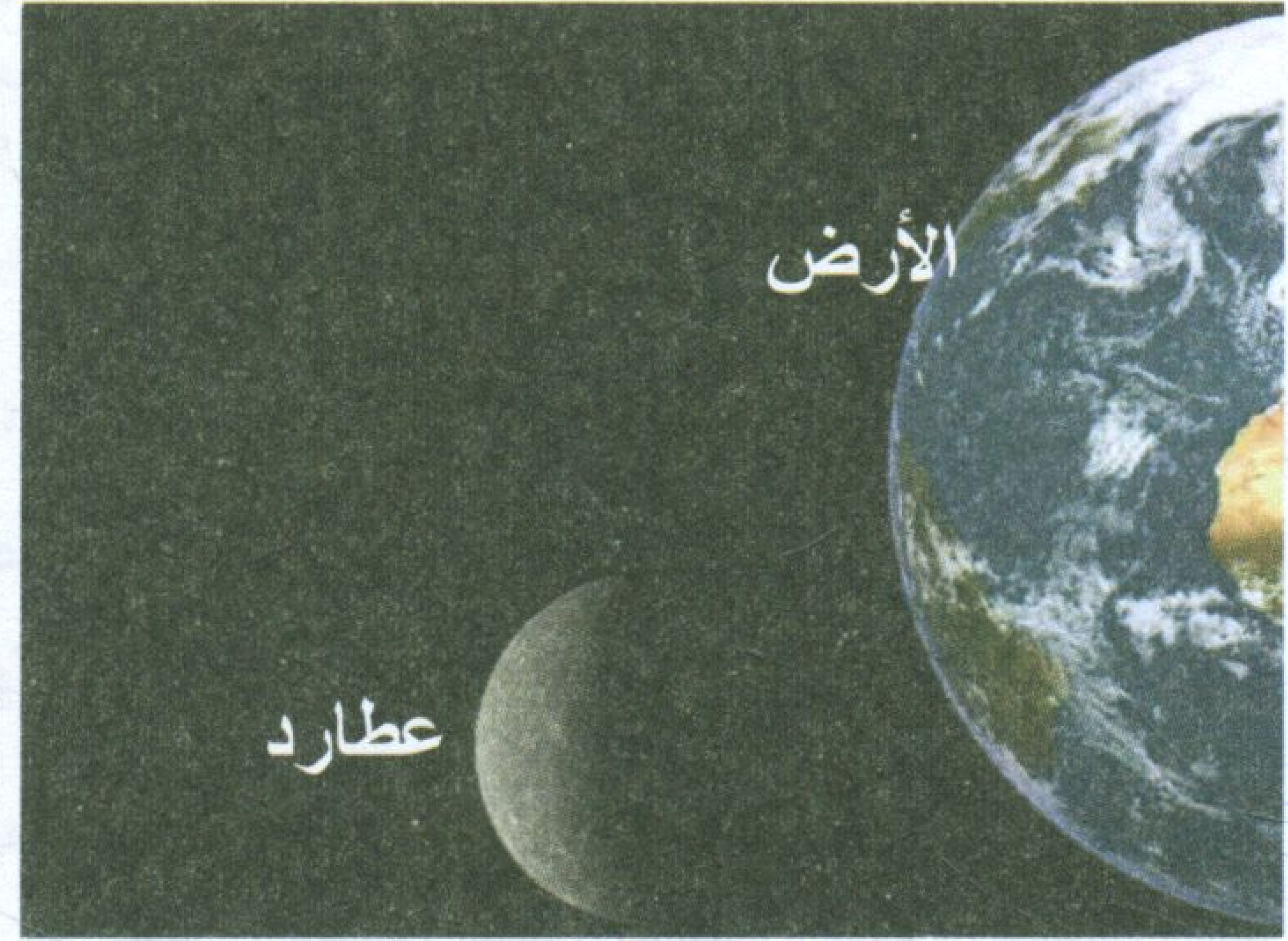
٤- تصل درجة الحرارة بهذه البقع إلى حوالي ٣٥٠٠ درجة كلفن.

الكواكب (Planets)

عطارد (Mercury)

- البعد عن الشمس	يبعد عن الشمس بحوالي ٥٨ مليون كم.
- اليوم	يكمل عطارد دورته حول نفسه مرة كل ٥٩ يومًا أرضيًا.
- مدة دورانه حول الشمس	يكمل عطارد دورته حول الشمس في حوالى ٨٨ يومًا أرضيًا.
- القطر	يبلغ قطره ٤٨٨٠ كم، أصغر بحوالي ٤٠ مرة من قطر الأرض، (شكل ٢-٦أ) وأكبر بحوالي ٤٠ مرة من قطر القمر.
- الكتلة	3.3×10^{23} كجم وهذه الكتلة تعادل ١٨/١ من كتلة الأرض.
- الترتيب	الكوكب الأول في المجموعة الشمسية بعد الشمس.
- السطح	• تنتشر على سطح عطارد مرتفعات عالية، ومنخفضات عملاقة، والعديد من الحمم البركانية، والتي تصل إلى عدة كيلومترات في ارتفاعها ومئات الكيلومترات في امتدادها. • أغلب سطح الكوكب مغطى بالسهول، ولكنه مليء بالفوهات إثر ارتطام النيازك به (شكل ٢-٦ب). • يمثل حوض كالوريس والذي يبلغ قياسه ١٣٠٠ كم أكبر هذه الفوهات على عطارد، ويعتقد أنه تكون عندما ارتطم به نيزك يزيد عن ١٠٠ كم٣ في الحجم.
- الغلاف الجوي	يتكون من كميات ضئيلة من الهيليوم والهيدروجين والتي التقطها الكوكب من الريح الشمسية، بالإضافة إلى آثار ضئيلة من غازات أخرى.

- درجات الحرارة	تتراوح درجات الحرارة بين ٤٣٠ و ١٧٠ درجة مئوية على الجهة المنارة بضوء الشمس، وتهبط إلى ١٥٠ درجة مئوية تحت الصفر في الليل. ويعزى سبب هذا التباين الشديد في الحرارة السطحية على كوكب عطارد إلى غياب الغلاف الجوي غيابًا شبه تام، إذ يعتبر عطارد مفرغا من الغازات.
- التوابع	لا توجد أقمار تدور حول كوكب عطارد.
- صفات أخرى	• الحياة على سطح كوكب عطارد مستحيلة، ولا أمل لوجود أي شكل من أشكال الحياة عليه. • ذو كثافة عالية (كثافة عطارد ٥,٥ جم/سم٣، بينما كثافة الأرض ٤,٠ جم/سم٣ فقط.



(أ)

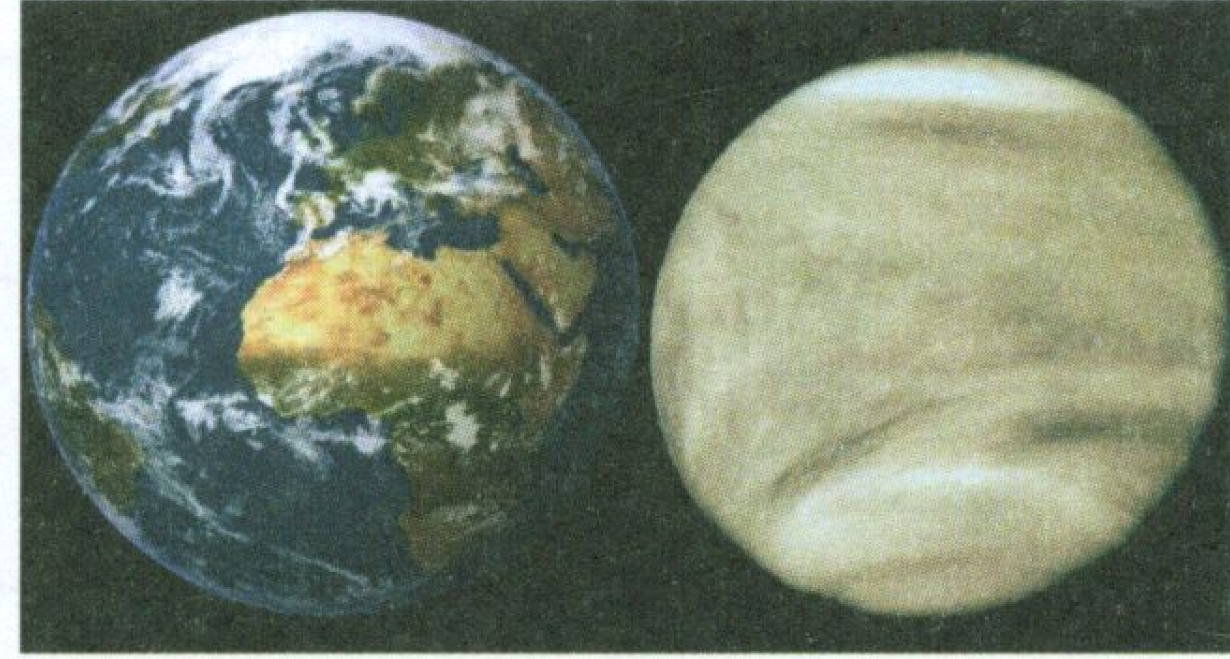

(ب)

شكل ٢-٦. (أ) مقارنة الحجم بين الأرض وعطارد، (ب) صورة لسطح عطارد تبين ما به من فوهات ناجمة عن القصف النيزكي.

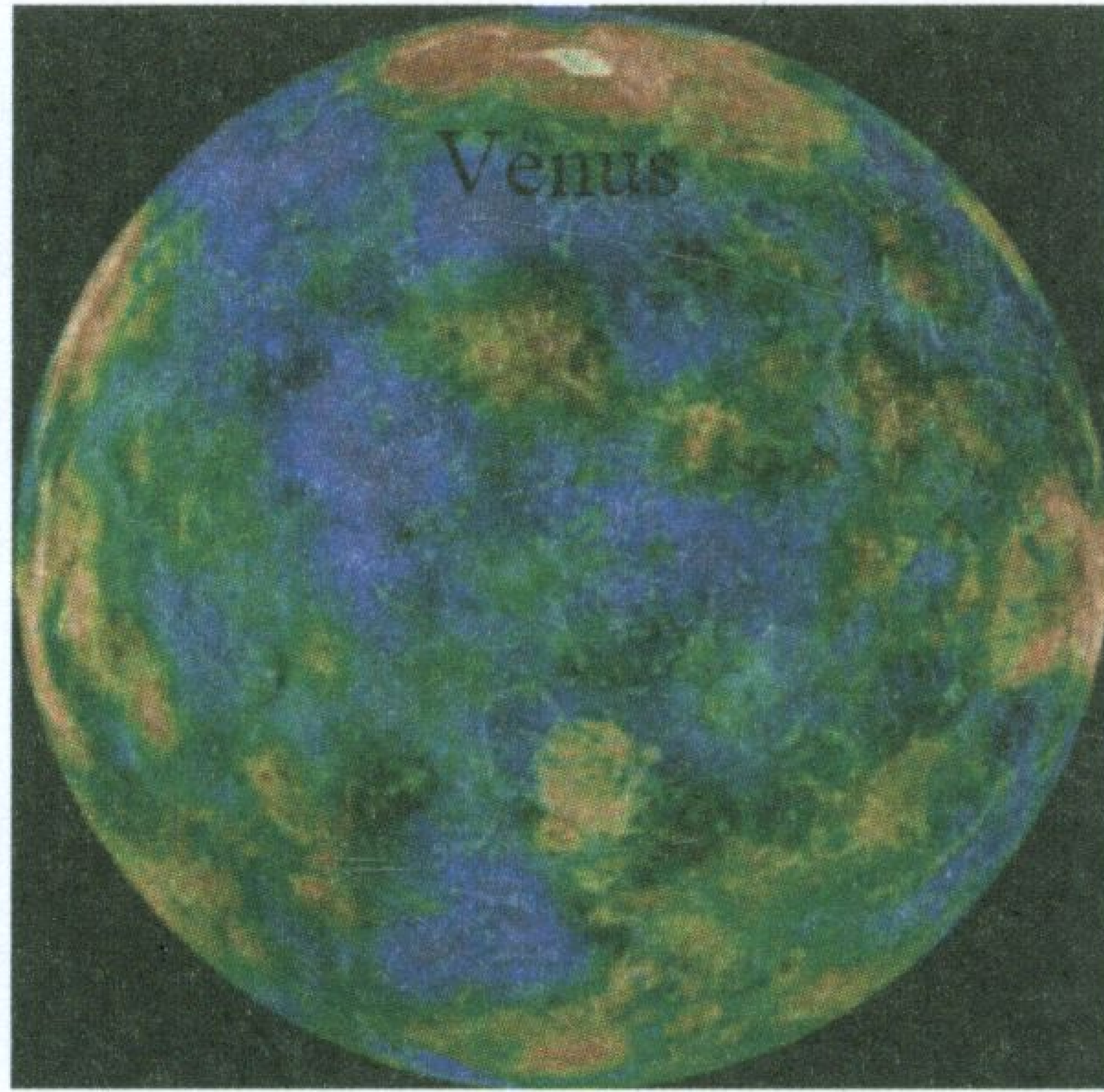
الزهرة (Venus)

- البعد عن الشمس	يبعد الزهرة عن الشمس حوالي ١٠٨,١٩ مليون كم.
- اليوم	يبلغ طول يوم الزهرة حوالي ٢٤٣ يومًا أرضيًا تقريبًا.
- مدة دورانه حول الشمس	يكمل الزهرة دورته حول الشمس في حوالي ٢٢٥ يومًا أرضيًا.
- القطر	قطر الزهرة عند خط الاستواء ١٢١٠٤ كم تقريبًا.

– الكتلة	كتلة الزهرة ٠,٨١٥ من كتلة الأرض.
– الترتيب	الكوكب الثاني في المجموعة الشمسية بعد كوكب عطارد.
– السطح	تكثر على سطح الزهرة البراكين، وبقايا الحمم البركانية، ومن أشهر الجبال البركانية جبل "جولا " ويبلغ ارتفاعه حوالي ٣ كم، وجبل "ما كسويل" الذي يبلغ ارتفاعه ١١ كم.
– الغلاف الجوي	الغلاف الجوي للزهرة سميك جدًا وكثيف، مما يجعل مشاهدة سطح الكوكب أمرًا صعبًا للغاية، يتكون هذا الغلاف من غاز ثانى أكسيد الكربون، وغاز ثانى أكسيد الكبريت.
– درجات الحرارة	تصل درجة الحرارة في الزهرة إلى ٥٠٠ درجة مئوية. تعزى هذه الحرارة اللاهبة إلى فعل ظاهرة البيوت الزجاجية، أو الاحتباس الحراري الناتج عن كثافة ثانى أكسيد الكربون، الذي يحيل هذا الكوكب إلى جحيم لا يطاق.
– التوابع	لا توجد أقمار تدور حول كوكب الزهرة.
– صفات أخرى	• يمثل حجم كوكب الزهرة ٨٦٪ من حجم الأرض (شكل ٢–٧أ) وتمثل جاذبيته ٩٠٪ من جاذبية الأرض. • يعد كوكب الزهرة ثالث ألمع جسم في سماء الأرض بعد الشمس والقمر (شكل ٢–٧ب). • تمطر السحب على سطح الزهرة حامض الكبريتيك، وذلك بسبب وجود غاز ثانى أكسيد الكبريت في غلافه الجوي. يستطيع هذا الحامض إذابة أي شيء يسقط عليه. يصل ضغط الغلاف الغازي إلى تسعين ضعف ضغط الغلاف الغازي لجو الأرض. • جعلت هذه الظروف القاسية مع عدم توفر المياه صعوبة تخيل وجود أي نوع من أنواع الحياة على سطح الزهرة.



(أ)



(ب)

شكل ٢-٧. (أ) مقارنة بين الأرض والزهرة، (ب) صورة لسطح الزهرة.

الأرض (Earth)

- البعد عن الشمس	تبعد الأرض عن الشمس بمقدار ١٤٩,٦ مليون كم تقريبًا.
- اليوم	تكمل الأرض دورتها حول محورها في حوالي ٢٤ ساعة.
- مدة دورانه حول الشمس	تكمل الأرض دورتها حول الشمس في حوالي ٣٦٥,٢٦ يومًا أرضيًا.
- القطر	يبلغ قطر الأرض عند خط الاستواء حوالي ١٢٧٥٦ كم.
- الكتلة	يعتبر كوكب الأرض أثقل كواكب مجموعة الكواكب الداخلية في النظام الشمسي، ويصل وزن الأرض ٦٥٩ X ١٠^١٩ طن.
- الترتيب	الكوكب الثالث من حيث البعد عن الشمس.
- السطح	السطح صخري صلب.
- الغلاف الجوي	• يتكون من نيتروجين (٧٧٪) وأكسجين (٢١٪) وآرجون (١٪) بالإضافة إلى ثاني أكسيد الكربون وبخار الماء وباقي العناصر (١٪). • ينقسم الغلاف الجوي إلى: (١) طبقة التروبوسفير، (٢) طبقة الستراتوسفير، (٣) طبقة الميزوسفير، (٤) طبقة الأيونوسفير.
- درجات الحرارة	يبلغ متوسط درجة حرارة الأرض ١٥ درجة مئوية.
- التوابع	قمر واحد

– صفات أخرى	• الكوكب الوحيد الذي يظهر به كسوف الشمس. وله قمر واحد وفوقه حياة وماء. • تعتبر الأرض أكبر الكواكب الأرضية الأربعة في المجموعة الشمسية الداخلية.



شكل ٢-٨. صورة لكوكب الأرض.

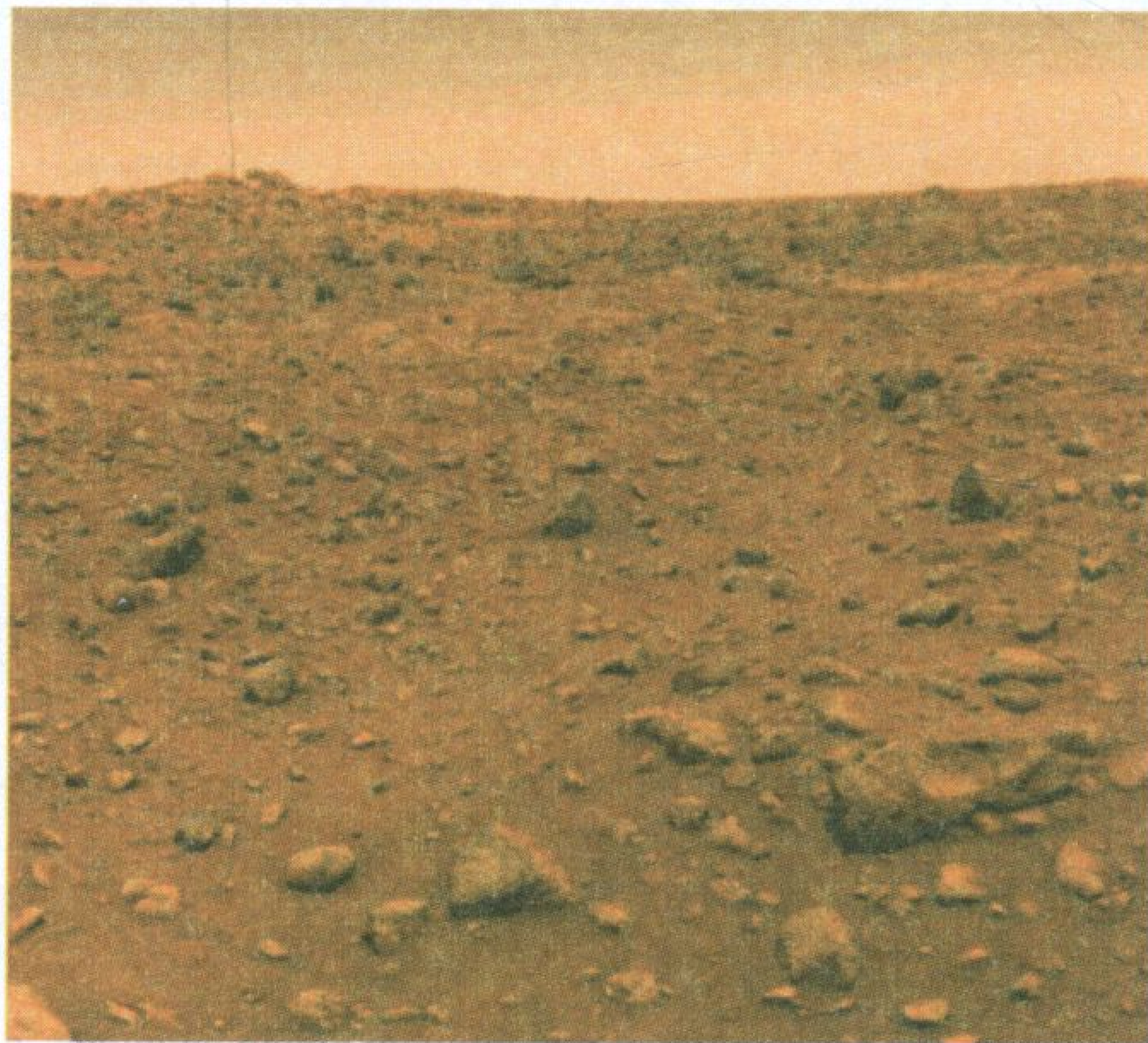
المريخ (Mars)

– البعد عن الشمس	يبعد كوكب المريخ عن الشمس حوالي ٢٢٨ مليون كم.
– اليوم	يوم المريخ أطول من يوم الأرض بحوالى نصف ساعة فقط، أى يبلغ حوالى ٢٤,٥ ساعة.
– مدة دورانه حول الشمس	يكمل المريخ دورته حول الشمس في حوالى ٦٨٧ يومًا أرضيًا.
– القطر	أصغر حجما من كوكب الأرض حيث إن قطره لا يتعدي نصف قطر الأرض.
– الكتلة	كتلته تساوي عُشر كتلة الأرض فقط.
– الترتيب	الكوكب الرابع في المجموعة الشمسية.
– السطح	السطح صخري صلب.
– الغلاف الجوي	الغلاف الجوي للمريخ رقيق جدًا، ولا نستطيع العيش فيه أو تنفسه وهو غالبًا مكون من غاز ثاني أكسيد الكربون.
– درجات الحرارة	متوسط درجة الحرارة على المريخ أقل من الصفر.

- التوابع	يختلف المريخ عن الأرض بأن له قمرين (فوبوس وديموس) بدل قمر واحد للأرض، والاثنان صغيران جدًا ويصعب رؤيتهما إلا بواسطة تليسكوب قوي.
- صفات أخرى	• يمر المريخ بنفس الفصول التي يمر بها كوكب الأرض، لكن نظرًا لأن المريخ أكثر بعدًا عن الشمس فإن جوه أكثر برودة. • درجة ميل محور المريخ تماثل درجة ميل محور الأرض. • لا يوجد بالمريخ بحيرات ولا بحار، ولكن يوجد احتمال أن يكون هناك جليد في القطبين، وكان هذا هو السبب في الاعتقاد لفترة طويلة بوجود حياة على المريخ. • يوجد على المريخ فوهات نيزكية وأيضًا براكين عظيمة منها ما هو أعلى من جبل أفرست بثلاثة مرات في بعض الأحيان. • يلاحظ هبوب عواصف رملية تهب على طول وعرض الكوكب. • يأتي اللون الأحمر للكوكب من كثرة وجود أكاسيد الحديد في التربة المريخية (شكل ٢-٩ب).



(أ)

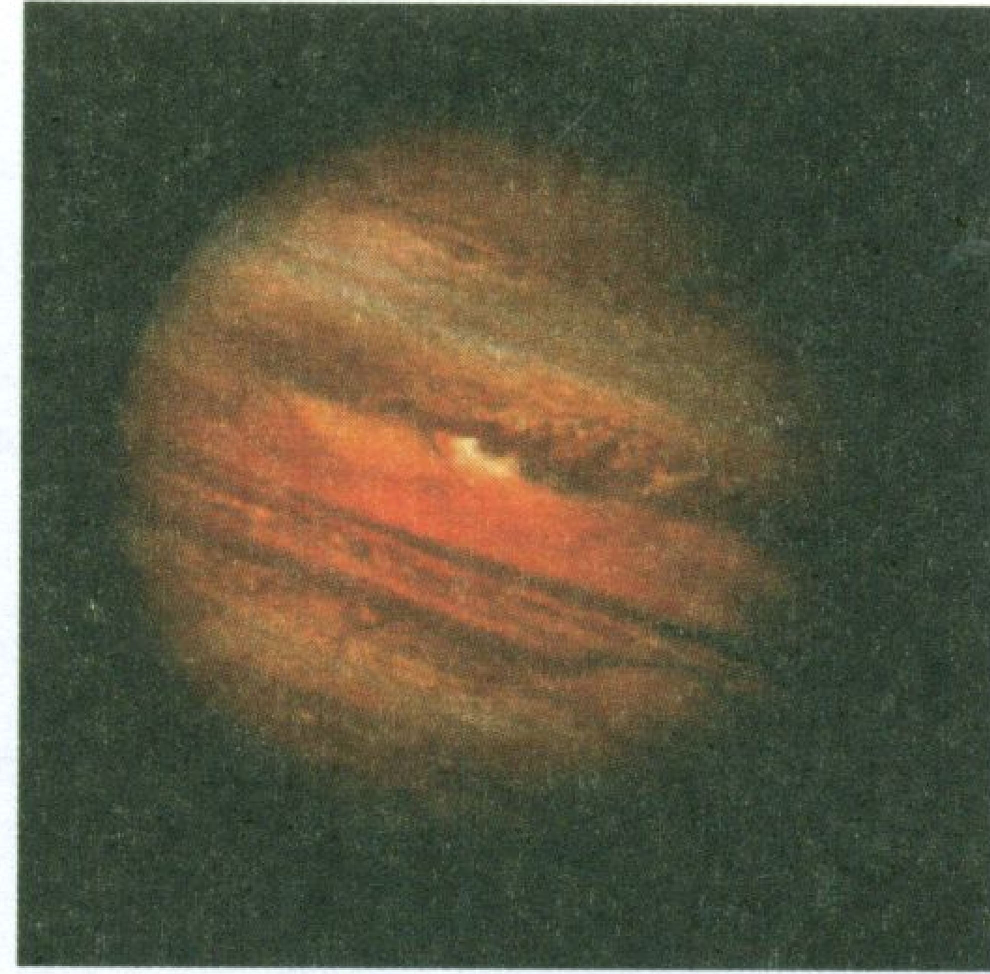


(ب)

شكل ٢-٩. (أ) صورة للمريخ، (ب) أول صورة بالألوان لسطح المريخ، التقطتها المركبة فايكنغ. (http://www.jsc.nasa.gov/polices)

المشتري (Jupiter)

– البعد عن الشمس	يبعد المشتري عن الشمس بحوالى ٧٧٨,٣٣٠ مليون كم.
– اليـــوم	يدور المشتري حول محوره بسرعة كبيرة حيث يتم دورتـه فـي ٩ ساعات و٥٥ دقيقة.
– مدة دورانه حول الشمس	يكمل المشتري دورته حول الشمس في حوالى ١١,٨٦ سنة أرضية.
– القطـــر	يبلغ قطر المشتري ١٤٢٩٨٤ كم.
– الكتـــلة	تبلغ كتلة كوكب المشترى ١.٩ X ١٠ ^{٢٧} كجم تقريبًا.
– الترتيب	الكوكب الخـامـس في المجموعة الشمسية.
– السطح	كوكب غازي، أى أنه لا يمكن لأي مركبة فضائية أن تهـبط علـى سطحه لأنها ستغوص فيه، لكنها يمكن أن تدور حوله أو تهبط علـى أحد أقماره (شكل ٢-١٠).
– الغلاف الجوي	يتكون الغلاف الغازي للمشتري في غالبيته مـن غـاز الهيـدروجين وغاز الهيليوم، مع نسب قليلة من غاز الميثان، والأمونيـا، وبخـار الماء.
– درجـــات الحـرارة	تبلغ متوسط درجة حرارته -١٥٣ درجة مئوية.
– التـوابـع	يدور حول المشتري ١٦ قمرًا، أربعة منها فقط كبيرة، ويمكن رصدها بتلسكوب صغير أما الباقي فحجمها صغير جدًا.
– صفات أخرى	من غرائب المشتري أنه نظرًا للضغط الهائل الذي يتعرض له قلـب الكوكب، والذى يصل إلى (٤ مليون بار)، فإننـا نجـد الهيـدروجين الموجود في باطن الكوكب يتحول إلى سائل. كما يتأين الهيـدروجين ويفقد إلكتروناته، وتصبح ذرته مكونة من بروتون فقط، أي أنه يصبح موصل جيد للكهرباء، كما أنه هو المصدر الرئيسى للحقل المغناطيس للمشتري، ويسمى الهيدروجين المعدني السائل. تكثر في جو المشترى العواصف الشديدة والأعاصير الضخمة.




(أ) (ب)

شكل ٢-١٠. (أ) صورة للمشتري، (ب) صورة لسطح المشتري.
(http://www.jsc.nasa.gov/polices)

زحل (Saturn)

- البعد عن الشمس	يبعد زحل عن الشمس بحوالي ١٤٢٥,٨٤ مليون كم.
- اليوم	اليوم على زحل يساوي ١٠ ساعات و ١٤ دقيقة تقريبًا.
- مدة دورانه حول الشمس	يدور زحل حول الشمس في مدة حوالي ٢٩,٤٦ سنة أرضية.
- القطر	يبلغ قطر زحل عند خط الاستواء حوالي ١٢٠٦٦٠ كم.
- الكتلة	تبلغ كتلة زحل حوالي ٥,٦٨ x ١٠^{٢٦} كجم.
- الترتيب	الكوكب السادس في المجموعة الشمسية.
- السطح	سطح كوكب زحل ليس صلبًا، بل غازيًا.
- الغلاف الجوي	يتكون غلاف زحل من حوالي ٩٧ ٪ هيدروجين، و٣ ٪ هيليوم، و٠,٠٥ ٪ ميثان.
- درجات الحرارة	تبلغ درجة الحرارة في قلب زحل ١٢٠٠٠ درجة كلفن.
- التوابع	يدور حول زحل ١٨ قمرًا مختلفة الأحجام، ومعظمها صغير جدا، أكبرها قمر تيتان.
- صفات أخرى	• زحل هو أقل كواكب المجموعة الشمسية كثافة (وزنه النوعى ٠,٧ جم/سم^{٣})، وهو أقل من الوزن النوعى للماء. • تنتشر على سطح الكوكب العواصف والأعاصير كما في كوكب المشتري، إلا أن حدة العواصف أخف، ولا تدوم طويلاً كما

	هو الحال في كوكب المشتري. • تدور حول زحل آلاف الحلقات، منها ثلاث حلقات رئيسة يمكن رؤيتها من الأرض (A , B , C)، وتعتبر الحلقة C أضعفها، وتتكون كل حلقة من حلقات صغيرة ضعيفة، كما تم اكتشاف أربع حلقات جديدة ضعيفة بواسطة المركبة (فوياجير). تتكون حلقات زحل من أحجار صغيرة تدور في مدارات مستقلة، وتتراوح أحجامها بين ١ سنتيمتر وبضعة أمتار (شكل ٢-١١).

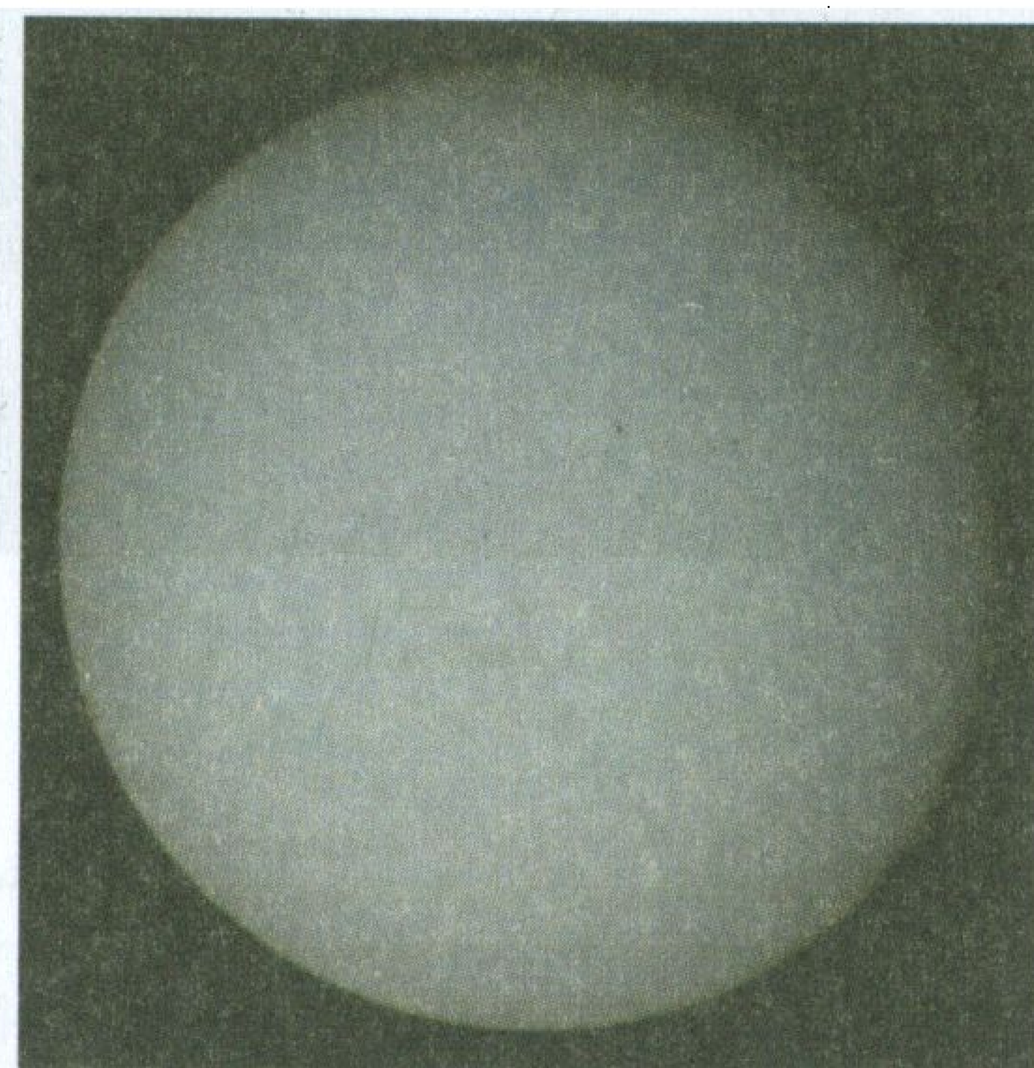


شكل ٢-١١. صورة لكوكب زحل.

أورانوس (Uranus)

البعد عن الشمس	يبعد أورانوس عن الشمس بمقدار ٢٨٧٠,٩٩ مليون كم تقريبًا.
اليوم	يبلغ يوم كوكب أورانوس حوالى ١٧,٢٥ ساعة بالتوقيت الأرضي.
مدة دورانه حول الشمس	يدور أورانوس حول الشمس في ٨٤,٠١ سنة أرضية تقريبًا.
القطر	يبلغ قطر أورانوس عند خط الاستواء حوالي ٥١٢٠٠ كم.
الكتلة	٨٦,٨٤٩ x ١٠^٢١ كجم.
الترتيب	هو سابع كواكب المجموعة الشمسية.
السطح	بدون سطح صلب
الغلاف الجوي	يتكون أورانوس في الأساس من الهيدروجين والهيليوم، مع نسبة قليلة من الميثان، وقليل جدًا من الماء، وغاز النشادر (الأمونيا).
درجات الحرارة	-٢١٦ درجة مئوية.

التــوابـــع	له ٢١ قمرًا، سبعة منها كبيرة.
صفات أخرى	• أورانوس هو أول كوكب يُكتشف عن طريق منظــار فلكــي، وكان ذلك سنة ١٧٨١م من قبل الفلكي "ويليــام هرشــل William Herschel". • يظهر الكوكب باللون الأخضر والأزرق ويعــود ذلــك إلــى سحب الميثان المتكونة في غلافه الجوي العلوي (شكل ٢-١٢). • يعرف للآن إحدى عشرة حلقة للأورانوس، كلها حلقات خافتة جدا، وألمع حلقة تعرف باسم إبسلون (Epsilon).

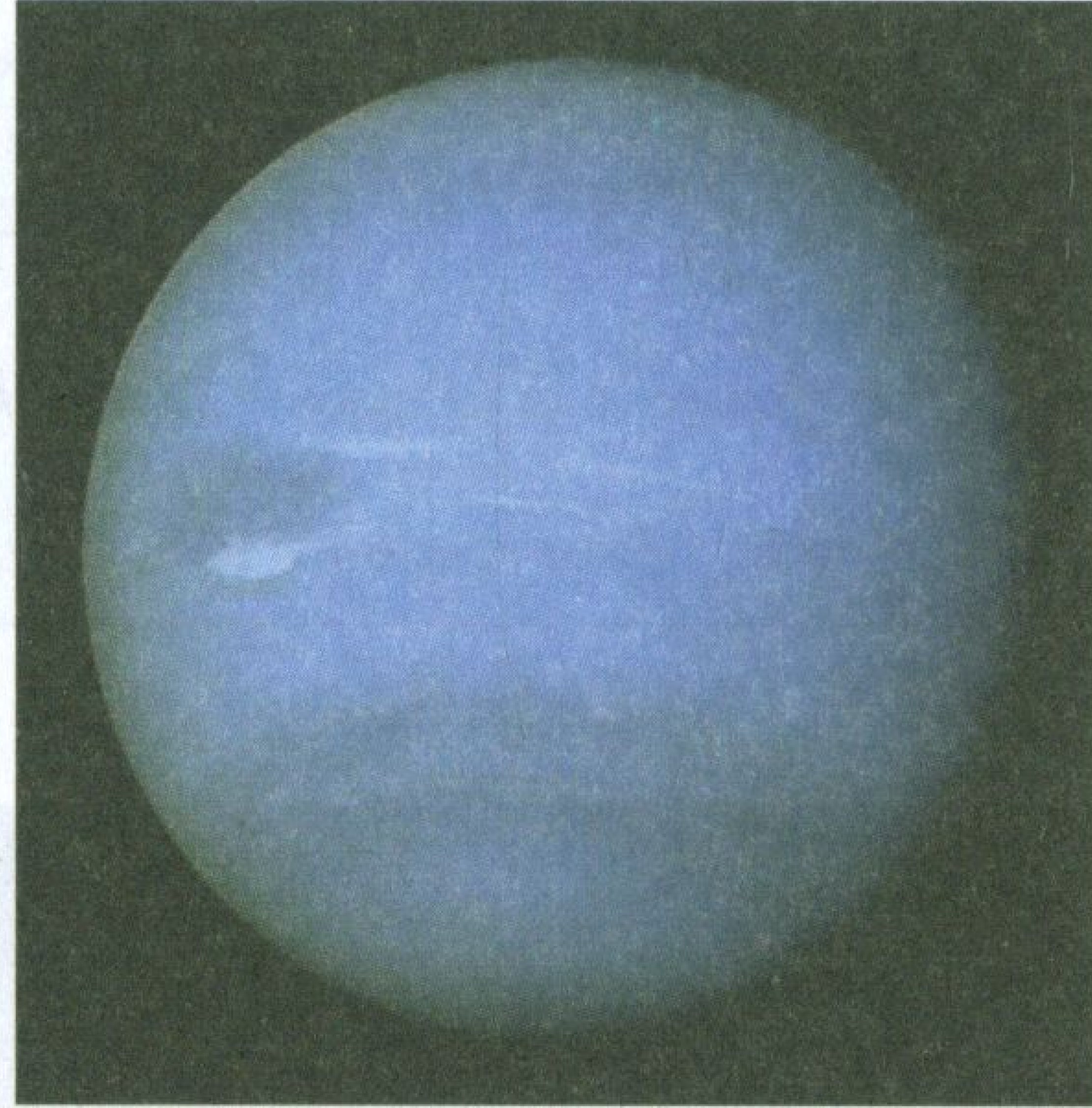


شكل ٢-١٢. صورة التقطتها وكالة الفضاء الأمريكية ناسا لكوكب أورانوس من مركبة فويجر ٢ في العاشر من يناير لعام ١٩٨٦ على بعد ١٨ مليون كيلومتر.
(http://upload.wkimedia.org/wkipedia).

نـبـتــون (Neptune)

– البعد عن الشمس	يبعد كوكب نبتون عن الشمس مسافة ٤٥٠٠ مليون كيلومتر تقريبًا.
– اليـــوم	يدور نبتون حول محوره في ١٦,١١ ساعة بالتوقيت الأرضي.
– مدة دورانه حول الشمس	يكمل نبتون دورته حول الشمس في حوالي ١٦٤,٧٩ سنة أرضية.
– القطــــر	يبلغ القطر عند خط الاستواء حوالي ٤٩٥٠٠ كم.
– الكتـــلة	$102,440 \times 10^{21}$ كجم.

– الترتيب	ثامن كوكب حسب ترتيب بعده عن الشمس.
– السطح	مازال وجود سطح صلب من عدمه للكوكب أمرا غير معروف يقينًا.
– الغلاف الجوي	الغلاف الجوي لنبتون يمتد إلى عمق كبير حتى يندمج تدريجيا مع الماء و جليد مائع، ويأتي لون نبتون الأزرق نتيجة لغاز الميثان في جوه (شكل ٢-١٣).
– درجات الحرارة	-٢١٤ درجة مئوية
– التوابع	١٣ قمرًا
– صفات أخرى	مجال نبتون المغناطيسي أقوى من مجال الأرض بحوالي ٢٧ مرة.

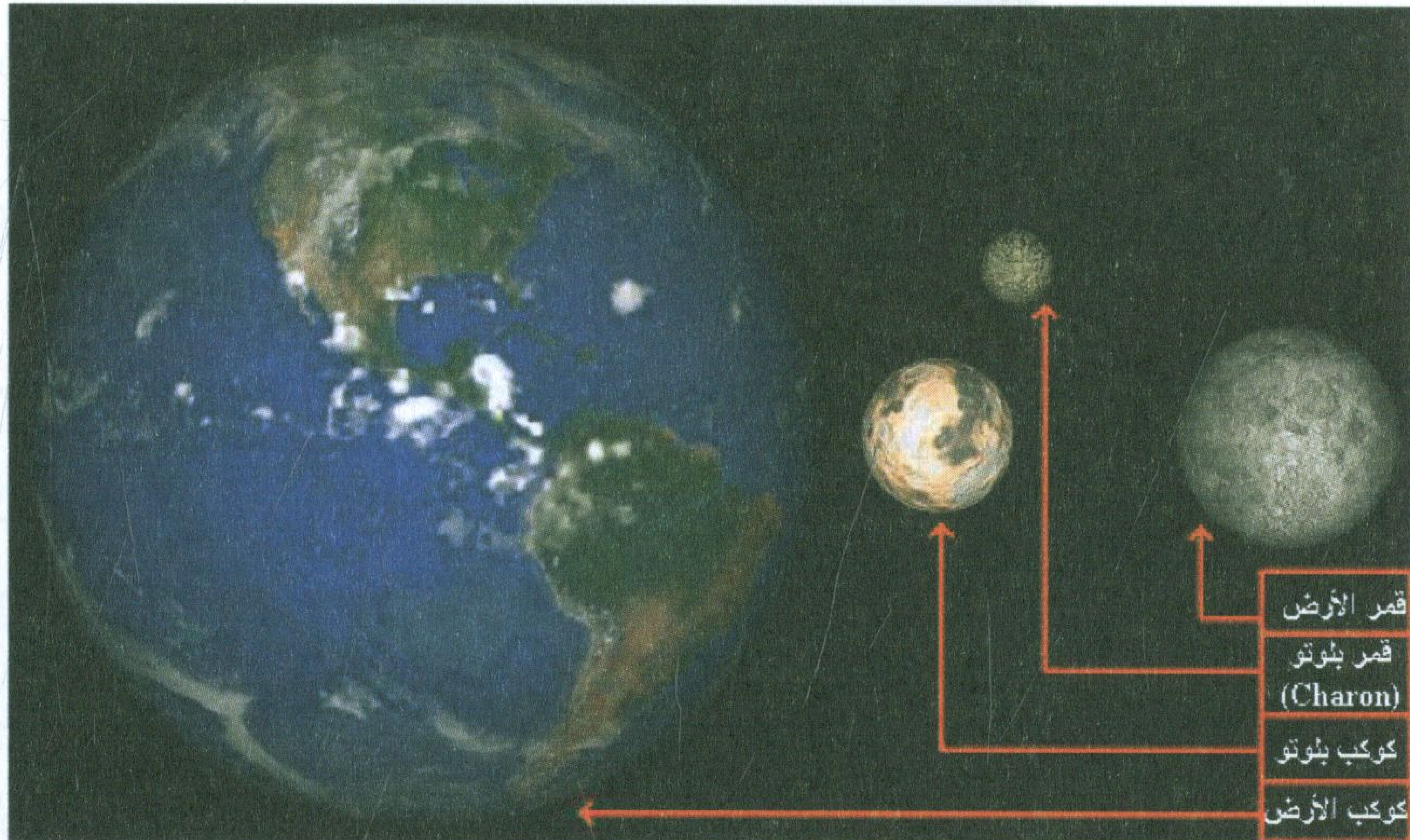


شكل ٢-١٣. صورة لكوكب نبتون. **(http://upload.wkimedia.org/wkipedia)**

بلوتو (Pluto)

– البعد عن الشمس	يبعد بلوتو عن الشمس مسافة مقدارها ٥٩١٤,١٨ مليون كم تقريبًا.
– اليوم	يدور بلوتو حول محوره في مدة قدرها حوالى ٦,٣ يومًا أرضيًا.
– مدة دورانه حول الشمس	يكمل بلوتو دورته حول الشمس في حوالي ٢٤٨,٥٤ سنة أرضية.
– القطر	يبلغ القطر عند خط الاستواء حوالى ٢٣٠٠ كم.
– الكتلة	١٣,١٤٠ $\times 10^{18}$ كجم.

- الترتيب	أبعد كوكب عن الشمس على الإطلاق وأصغر كوكب في المنظومة الشمسية.
- السطح	الكوكب مكسو بجليد من الميثان.
- الغلاف الجوي	هناك جو رقيق يعتقد أنه من غاز الميثان بشكل أساسي.
- درجات الحرارة	تتراوح درجة حرارة الكوكب بين -٢١٨ و-٢٢٨ درجة مئوية.
- التوابع	له ثلاثة أقمار.
- صفات أخرى	• اكتشف بلوتو في سنة ١٩٣٠م من قبل الفلكي الأمريكي كلايد ثمبووج Clyde Tombaugh. • يعتبر جو بلوتو ظاهرة مؤقتة على سطحه، حيث ينهار ثم يعاد تكوينه من جديد. • لصغر حجم بلوتو، أصبح بعض الفلكيين يطالبون بإنزاله من مرتبة كواكب ووضعه ضمن خانة الكويكبات (شكل ٢-١٤).



شكل ٢-١٤. مقارنة بين الأرض وبلوتو.

(من ويكيبيديا الموسوعة الحرة http://ar.wikipedia.org/wiki)

القمـــــــر (The Moon)

- القمر هو أقرب الأجرام السماوية للأرض ويبعد عنها بحوالي ٤٠٠٠٠٠ كم، أي حوالي واحد وثلث ثانية ضوئية فقط.
- يدور القمر حول الأرض مرة كل ٢٩ يومًا وهي أيضًا مدة دورانه حول نفسه.
- يبلغ قطر القمر ٣٤٧٥ كم، وكثافته الكلية حوالي ٣,٣ جم/سم٣، وهـي تزيد قليلاً عن كثافة الصخور الأرضية.
- تبلغ قوة جاذبية القمر ١/٦ قوة جاذبية الأرض.
- تدل الدراسات على صخور القمر التي تم الحصول عليها من الـرحلات الفضائية أن عمر بعضها حوالي ٤٧٠٠ مليون سنة.
- القمر جسم بارد هامد يجوب الفضاء تابعا للأرض، وليس به أي عمليات داخلية و خارجية مثل الأرض. لقد اكتشفت الثلوج حديثا على الآجزاء القطبيـة للقمر.

الكويكبات (Planetoids)

هي عبارة عن أجسام صخرية مستديرة، أصغر من حجم الكوكب، تكونت في بداية تكون النظام الشمسي، ويبلغ قطر معظمها في حدود الكيلومتر الواحد، قد تزيد حتى يصل قطرها إلى حوالي ١٠٠٠ كم، وهناك أجسام أخرى أصـغر حيث يصل حجمها إلى حجم حبيبات الرمل، وتصل أعدادها إلى البلايين.

الشهب والنيازك (Meteors and Meteorites)

تجذب الأرض كل يوم عددًا كبيرًا من الأجسام السماوية التي تـسبح فـي الفضاء حولها والتي تقدر بالملايين. عند دخول أحد هذه الأجسام إلى الغـلاف

الجوي بسرعته الكبيرة، فإن احتكاكه بالهواء يرفع درجة حرارته إلى ما فوق درجة تبخر مادته، فإذا كان الجسم صغيرًا فإنه يتبخر كلية في طبقات الجو العليا، أما اذا كان الجسم كبيرًا فيتلاشى جزء منه فقط، ويبقي الجزء الآخر ليرتطم بالأرض، وتسمى هذه الأجسام عند احتراقها في الغلاف الجوي شهبًا (جمع شهاب meteor)، نسبةً إلى الضوء الذي تبعثه على هيئة خط براق لفترات تتراوح من جزء من الثانية إلى بعض ثوان، أما بعد ارتطامها بالأرض فتسمى نيازك (جمع نيزك)، حيث تكوّن فوهات ارتطام (impact craters) تتناسب في اتساعها وعمقها مع حجم هذه الأجسام (شكل ٢-١٥).



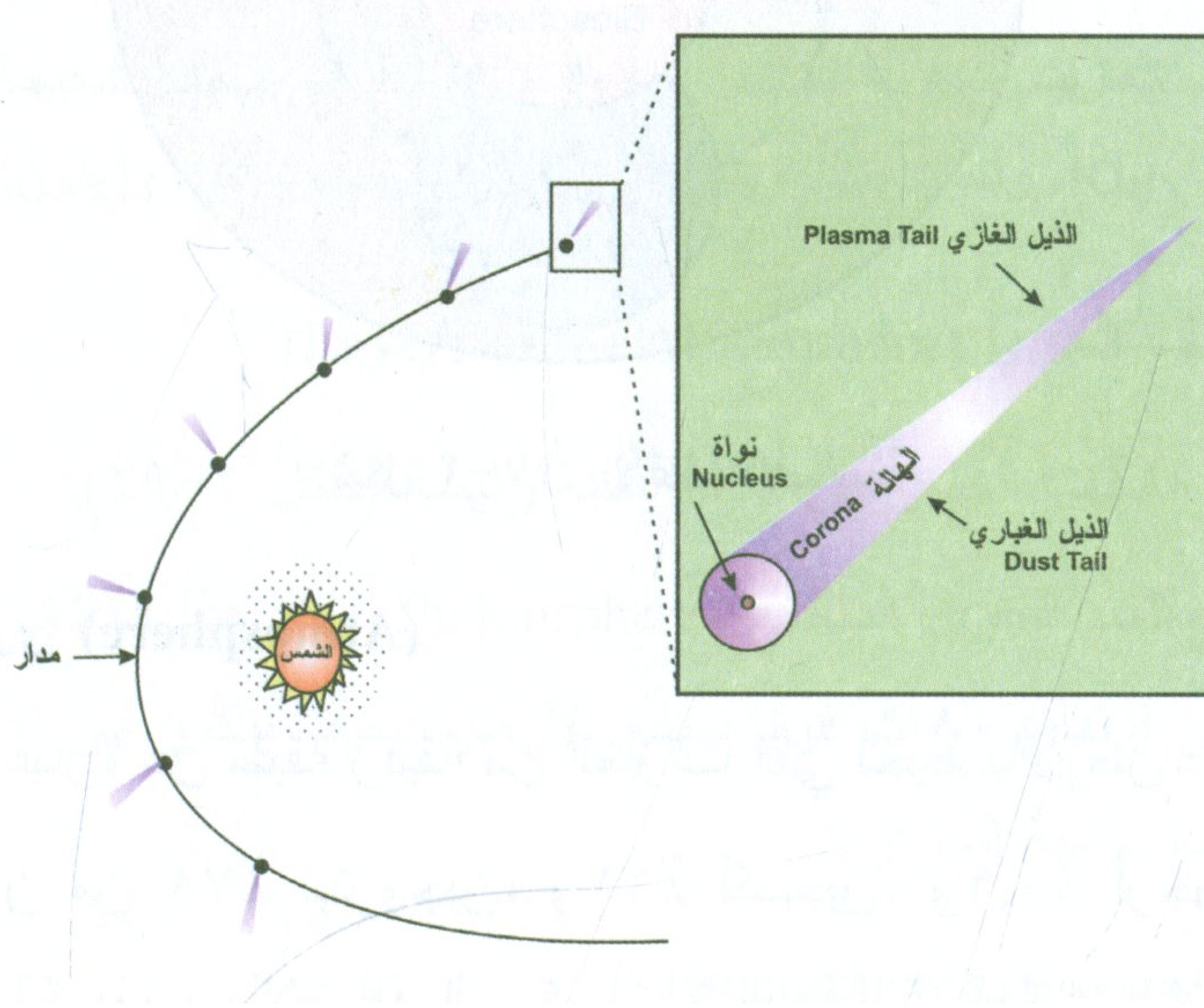
شكل ٢-١٥. صورة تبين فوهة بارينجر (Barringer) والناتجة عن اصطدام نيزك بالقرب من وينزلو بولاية أريزونا الأمريكية (Winslow, Arizona).

المذنبات (Comets)

- هي أجسام باردة تتكون من ثلوج الماء، والنشادر، والميثان، وثاني أكسيد الكربون، مع قطع صخرية ومعدنية ملتحمة مع بعضها بهذه الثلوج.
- تدور حول الشمس في مدارات إهليلجيّة الشكل، يصل بعضها إلى ما بعد حدود نظامنا الشمسي، وعند اقتراب أحدها فإنه يبدأ التوهج بفعل حرارتها، وبفعل الرياح الشمسية التي تؤدي إلى تبخر الثلوج وتكون هالة حول جسم

المذنب، تسمي كوما (coma)، وفي نفس الوقت تندفع هذه الغازات المتوهجة مع بعض الكتل الصخرية التي كانت ملتحمة بالثلوج مكونة ذيلاً طويلاً في اتجاه مبتعدا عن الشمس يصل طوله إلى ملايين الكيلومترات (شكل ٢-١٦).

• عند ابتعاد المذنب عن الشمس، فإن ذيله المتوقع يخفت بالتدريج حتى يختفي تمامًا، ويعود المذنب إلى برودته حتى يتوارى عن الأنظار بعد ما يبتعد عن المشتري. ومن أشهر المذنبات مذنب هالي الذي يظهر للأرض مرة كل ٧٦ سنة، ومذنب شوماخر ليفي.



شكل ٢-١٦. تغير وضع ذيل المذنب مع دورانه حول الشمس.

تركيب الأرض (Composition of the Earth)

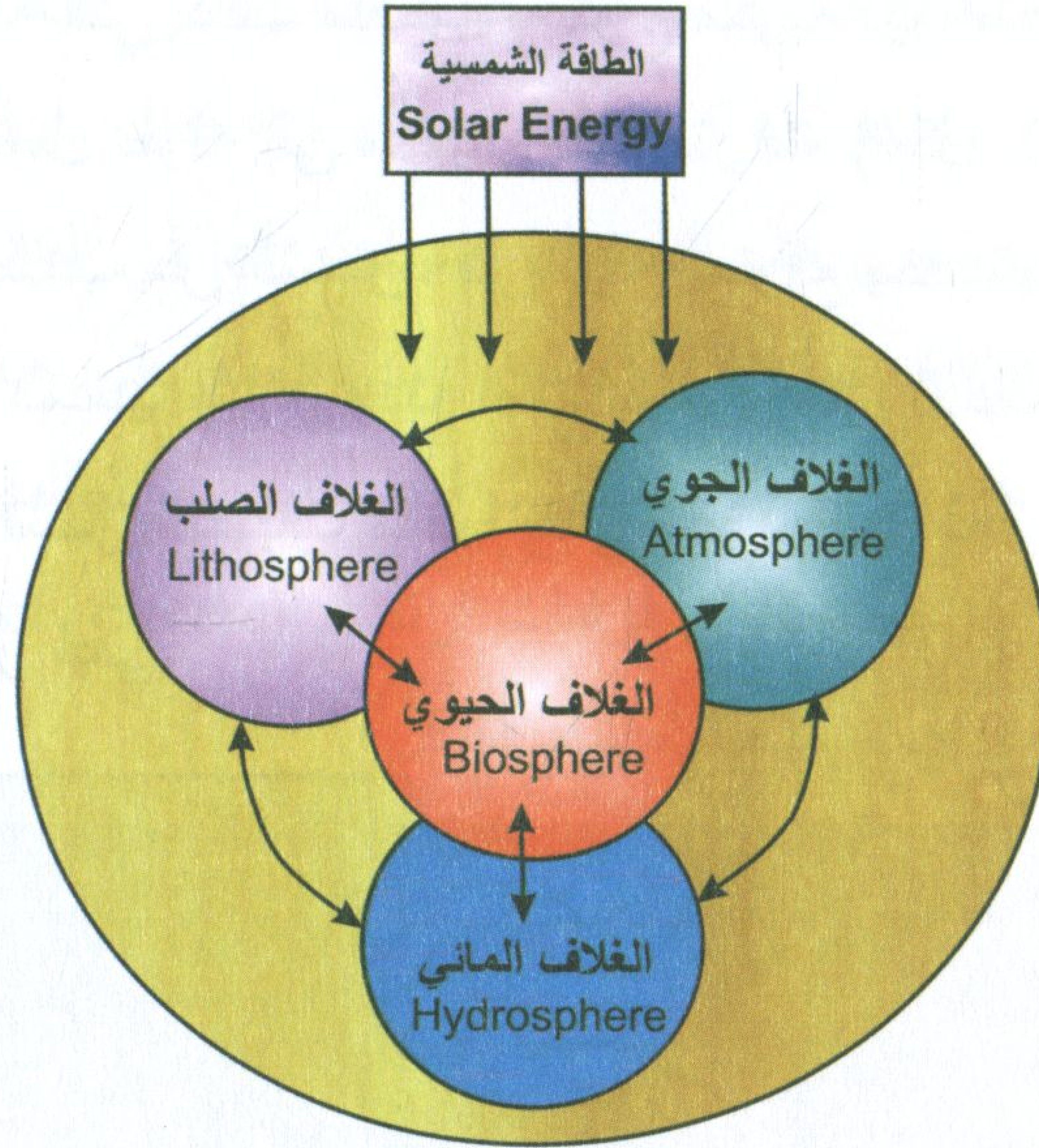
تتكون الأرض من أربعة أغلفة أساسية (شكل ٢-١٧):

١- الغلاف الجوي (atmosphere)

٢- الغلاف الصلب (lithosphere)

٣- الغلاف المائي (hydrosphere)

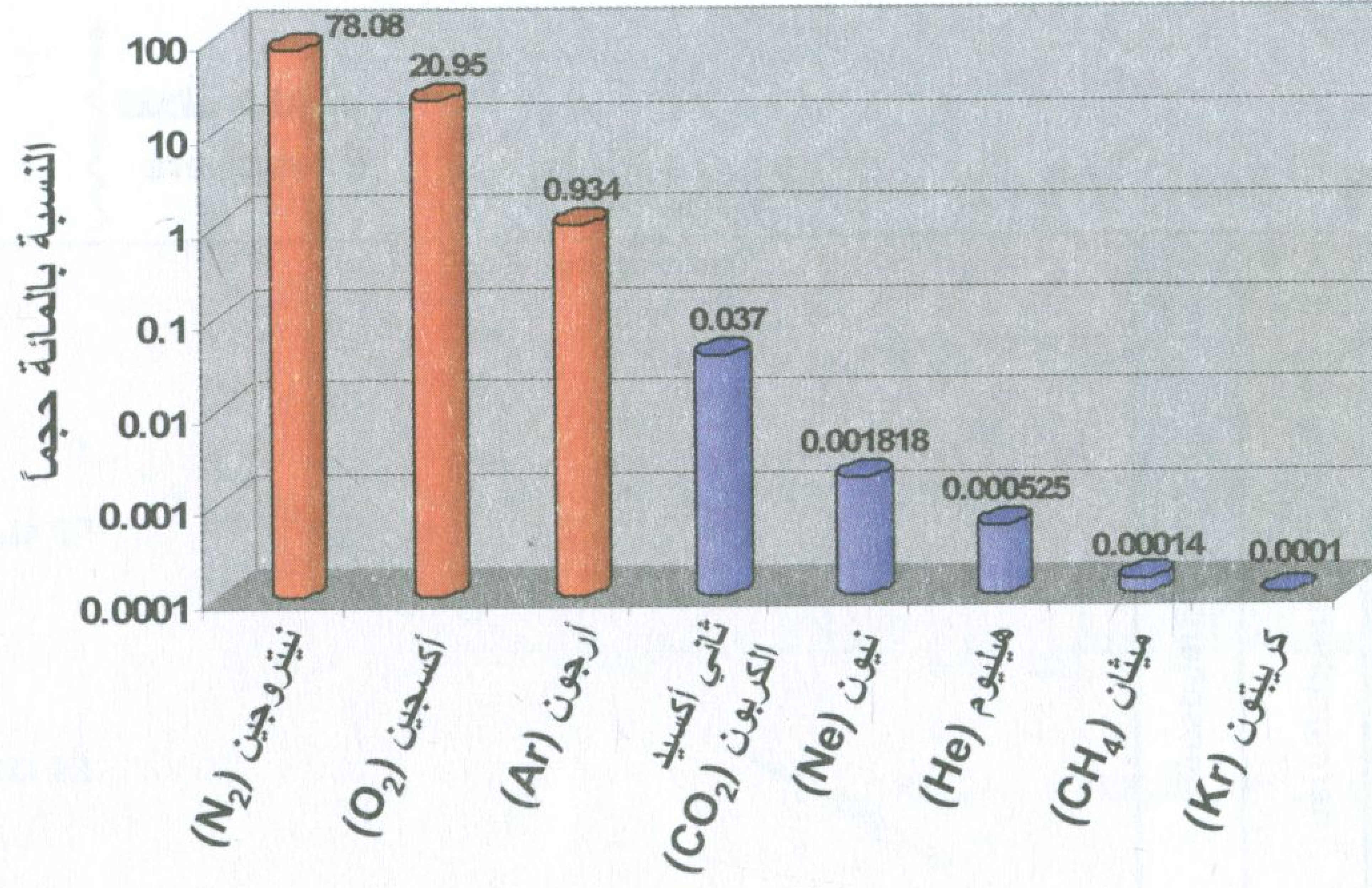
٤- الغلاف الحيوي (biosphere)



شكل ٢-١٧. الأغلفة الأساسية

الغلاف الجوي (Atmosphere)

- هو عبارة عن طبقة رقيقة من الغازات التي تحيط بالأرض.
- يتكون من ٧٨٪ نيتروجين، و٢١٪ أكسجين، و٠,٩٪ أرجون، و٠,٠٣ ثاني أكسيد الكربون، بالإضافة إلى كميات شحيحة من الغازات الأخرى (شكل ٢-١٨).
- تساعد هذه الطبقة الرقيقة على حماية الأرض من درجات الحرارة العالية، وذلك عن طريق تخزينها للحرارة العالية بداخل الغلاف الجوي، كما تلعب دورًا مهمًا في حماية الأرض من الأشعة فوق البنفسجية الصادرة من الشمس.



شكل ٢-١٨. الغازات المكونة للغلاف الجوي، بالإضافة إلى كميات شحيحة من الأوزون (O_3)، وأكسيد النيتروجين (N_2O)، وهيدروجين (H)، وزينون (Xe).

طبقات الغلاف الجوي (Layers of the Atmosphere)

يتكون الغلاف الجوي من ثلاثة أغلفة رئيسة (شكل ٢-١٩):

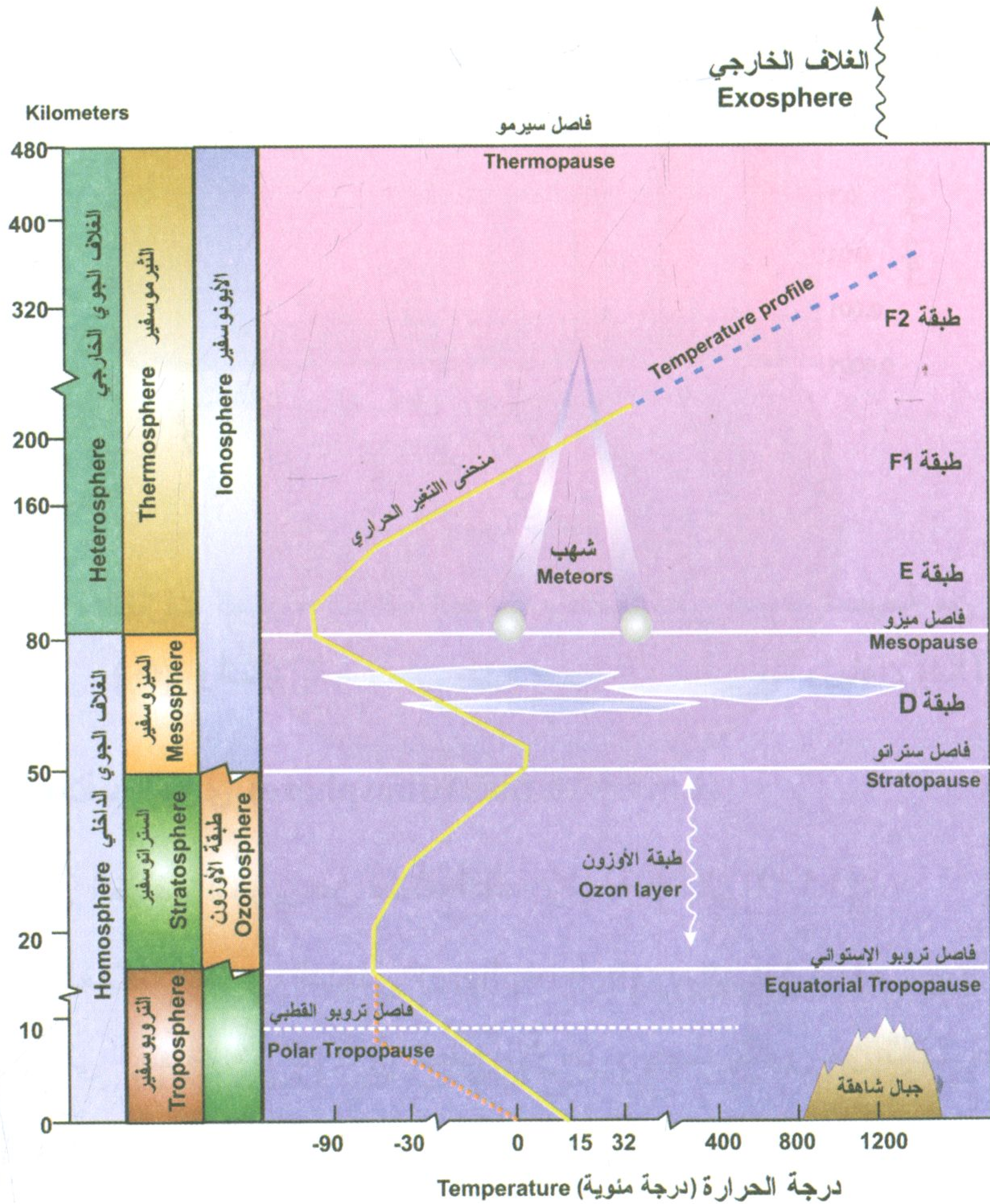
(١) الغلاف الجوي الداخلي (homosphere): يمتد هذا الغلاف من سطح الأرض حتى ارتفاع ٨٠ كم فوق سطح الأرض، حيث يتكون من ثلاث طبقات أساسية حسب درجة الحرارة:

(أ) التروبوسفير (troposphere)

- يمتد من سطح الأرض حتى ارتفاع ١٨ كم.
- يمثل ٩٠٪ من الكتلة الكلية للغلاف الجوي.
- يصل معدل التبريد بهذه الطبقة إلى ٦,٤ درجة مئوية.
- تبلغ درجة الحرارة مع نهاية هذه الطبقة -٦٠ درجة مئوية.

(ب) الستراتوسفير (stratosphere)

- يمتد من ارتفاع ١٨ كم إلى ٥٠ كم فوق سطح الأرض.



شكل ٢-١٩. تركيب الغلاف الجوي.

- تتم فيه جميع الظواهر الجوية المتعلقة بالطقس مثل الرياح والعواصف والسحب والأمطار والبرق والرعد.

- تزداد درجة الحرارة مع الارتفاع لأعلى، حيث تصل درجات الحرارة عند الجزء الأسفل من هذه الطبقة -٥٧°م، بينما تصل إلى صفر درجة مئوية عند جزئه الأعلى.

- توجد طبقة الأوزون بهذه الطبقة.
- تنتهي بما يسمى بفاصل ستراتو (strato).

(ج) الميزوسفير (mesosphere)

- يمتد من ارتفاع ٥٠ كم إلى ٨٠ كم فوق سطح الأرض.
- يمثل الطبقة الوسطى من الغلاف الجوي.
- يتميز برياح عنيفة ومضطربة.
- لا تتكون به سحب، وذلك لقلة بخار الماء به.
- ينتهي بما يسمى بفاصل الميزو (meso)، الذي يمثل أبرد جزء في الغلاف الجوي.

(٢) الغلاف الجوي الخارجي (heterosphere) أو الثيرموسفير (thermosphere)

- يمتد هذا الغلاف من ارتفاع ٨٠ كم حتى ٤٨٠ كم فوق سطح الأرض.
- يتكون من طبقات غازية مرتبة بفعل الجاذبية. حيث يتواجد الهيدروجين والهيليوم عند الحافة الخارجية لهذا الغلاف، بينما يوجد الأكسجين والنيتروجين عند الحافة الداخلية.
- يمثل هذا الغلاف أقل من ٠,٠٠١ من الكتلة الكلية للغلاف الجوي.
- يمكن تمييز أربع طبقات بهذا الغلاف ذات ارتفاعات متفاوتة، هي طبقات D, E, F1, F2 (شكل ٢-١٩).
- يلعب هذا الغلاف دورًا مهمًا بالنسبة إلى الاتصالات وذلك لكونه ذو شحنات موجبة وسالبة.

(٣) الغلاف الخارجي (exosphere)

- يمتد هذا الغلاف من ارتفاع ٤٨٠ كم حتى يصل إلى حوالي ٣٢٠٠٠ كم فوق سطح الأرض.
- يتميز هذا الغلاف بدرجات الحرارة العالية جدًا.
- يتكون من ذرات الهيدروجين والهيليوم المتفرقة، والتي ترتبط بالأرض بروابط ضعيفة بفعل الجاذبية الأرضية.

كما يمكن تصنيف الغلاف الجوي إلى قسمين رئيسيين بناءً على وظيفة كل منهما:

١- طبقة الأيونوسفير (ionosphere)

- تشمل كل من الأيونوسفير والثيرموسفير.
- تمتص الأشعة الكونية (cosmic rays) وأشعة جاما وإكس وبعض من الأشعة فوق البنفسجية (ultraviolet rays).
- تكوّن ذراتها أيونات ذات شحنات موجبة.
- تعمل الأيونات ذات الشحنة للأكسجين والنيتروجين على خفتان الضوء والذي يسبب الشفق (aurora).
- تحتوي على العديد من الأيونات والإلكترونات الحرة، والناتجة عن اصطدام أشعة الشمس مع الذرات، مما يؤدي إلى تحرير بعض الإلكترونات منها.

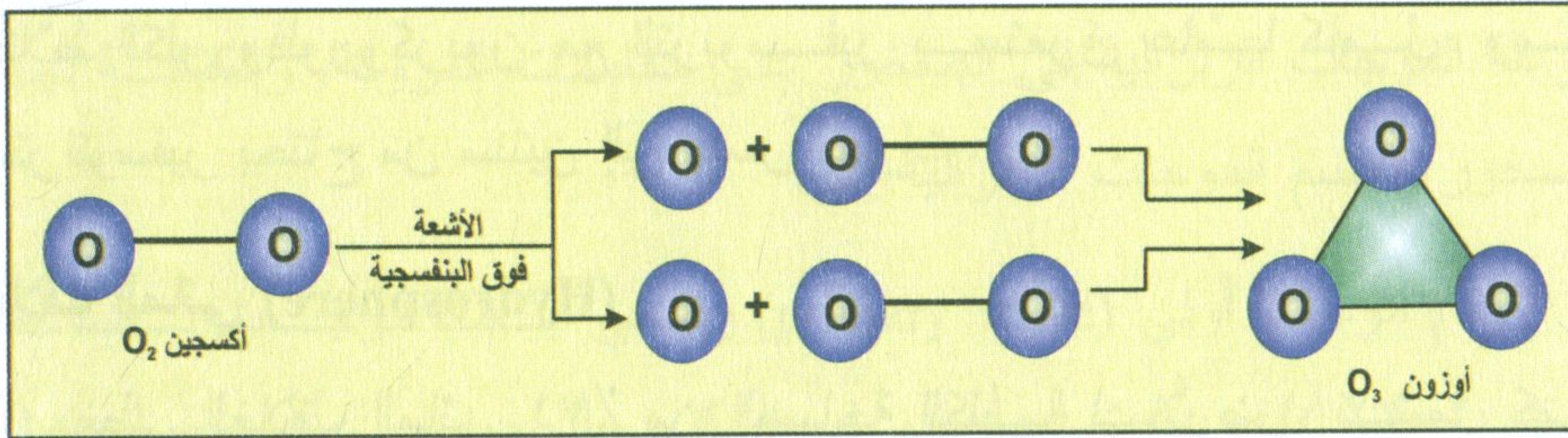
٢- طبقة الأوزون (ozonosphere)

- تعتبر جزء من الستراتوسفير.

- تمتص هذه الطبقة نسبة كبيرة من الأشعة فوق البنفسجية، حيث تمنع وصول معظمها إلى الأرض، وبذلك تقي الإنسان وباقي الكائنات الحية من أضرارها.

- الأوزون هو غاز ذو لون أزرق شاحب، وله رائحة مميزة تشبه الرائحة التي يمكن أن نشمها عند حمامات السباحة، أو عند شاطئ البحر.

- يتكون الأوزون من ثلاث ذرات أكسجين. تعمل الأشعة فوق البنفسجية على تكسير ذرة الأكسجين إلى جزئين، يتحد أحدهما مع ذرة أكسجين أخرى ليعطي ذرة أوزون (شكل ٢-٢٠).



شكل ٢-٢٠. مخطط يوضح كيفية تكون الأوزون من تكسير الأكسجين.



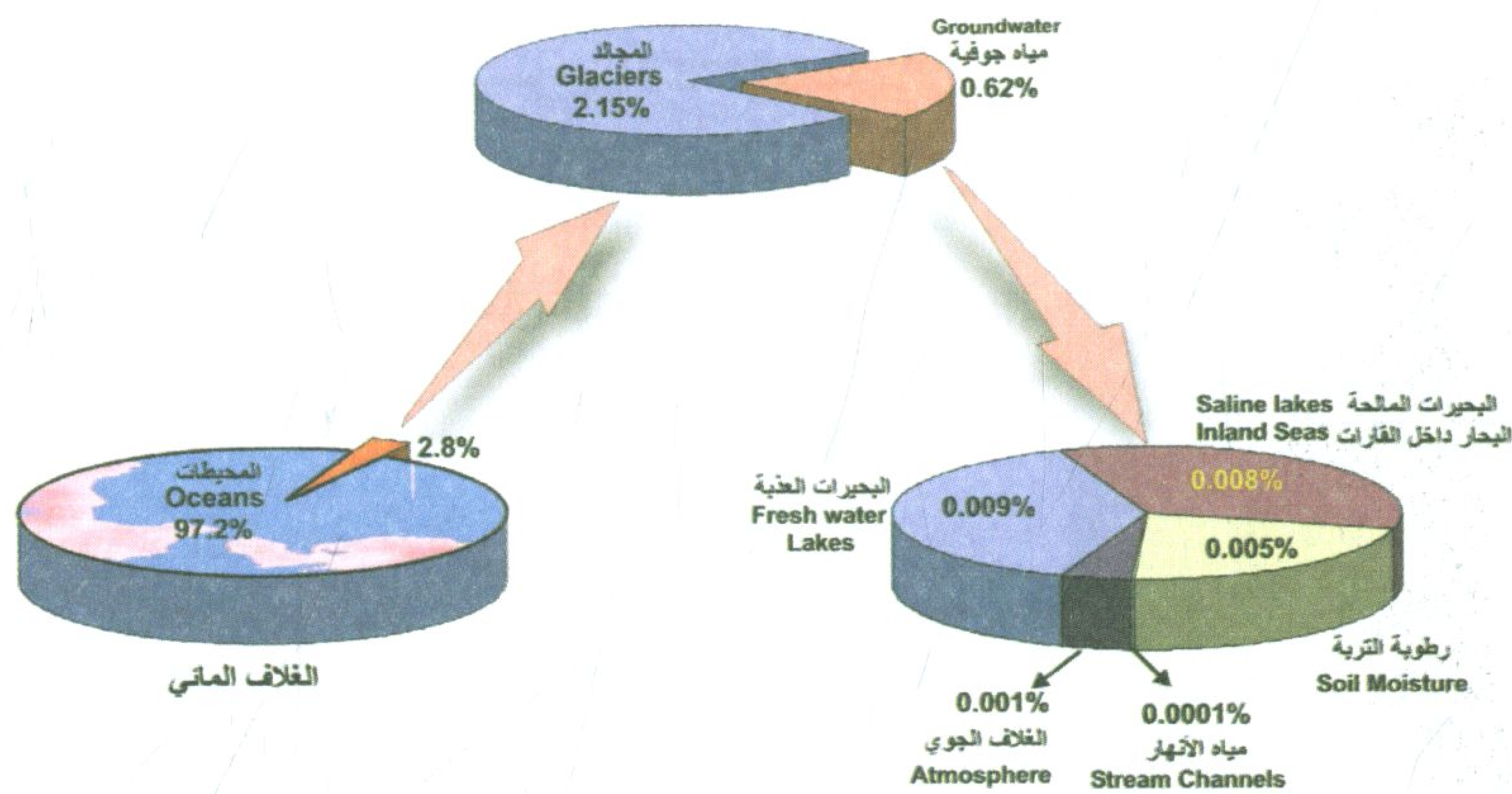
لقد اكتشف العلماء حدوث تآكل لطبقة الأوزون خصوصًا فوق القطب الجنوبي (Antarctica)، والذي يعرف بثقب الأوزون، والذي يهدد الحياة على سطح الأرض. ويرجع مثل هذا الخلل في توازن غاز الأوزون بالغلاف الجوي إلى التلوث الناجم عن الثورة الصناعية التي بدأت في القرن الثامن عشر. يرجع سبب وجود ثقب الأوزون بالقطب الجنوبي إلى زيادة درجة البرودة بهذه المنطقة، مما أدى إلى نضوب طبقة الأوزون. وقد

قامت بعض المبادرات العالمية (مونتريال ١٩٨٧م) بإعلان اتفاق عالمي يعمل على تقليص كمية التلوث بالغلاف الجوي وتقليص استخدام المواد الكيميائية التي تسبب هذه المشكلة، مثل غازات الكلوروفلوروكربون (ك ف ك C F C). أثمرت هذه المبادرات في عدم اتساع ثقب الأوزون خلال العشرين سنة الماضية، كما هو حادث من قبل.

تعمل الأشعة فوق البنفسجية على تكسير غاز الكلوروفلوروكربون إلى ذرات الكربون، والتي تعمل بدورها على تحطيم جزيئات الأوزون، حيث ثبت علميًا بأن ذرة كلورين واحدة قادرة على تحطيم ١٠٠,٠٠٠ جزئ أوزون، وما زاد الأمر سوءًا، أن الكلورين لا يستهلك من جراء هذا التفاعل. مع العلم أن إختلاط الكلوروفلوروكربون مع التربوسفير يستغرق عامًا كاملًا، ومع الستراتوسفير يحتاج من سنتين إلى خمس سنوات.

الغلاف المائي (Hydrosphere)

يغطي الغلاف المائي ٧١٪ من المساحة الكلية للأرض، تشمل كل المحيطات (٩٧,٢٪ من هذه النسبة) والمجالد، والمياه الجوفية، والبحيرات، والأنهار (٢,٨٪) (شكل ٢-٢١).



شكل ٢-٢١. توزيع المياه على الأرض.

الغلاف الحيوي (Biosphere)

يمثل جميع أنواع الحياة على سطح الأرض من حيوانات ونباتات على الأرض وفي البحر والجو.

الغلاف الصلب (Lithosphere)

لقد تمكن العلماء من معرفة تركيب الغلاف الصلب للأرض من خلال بعض الأدلة والشواهد التي توافرت لديهم، ومنها:

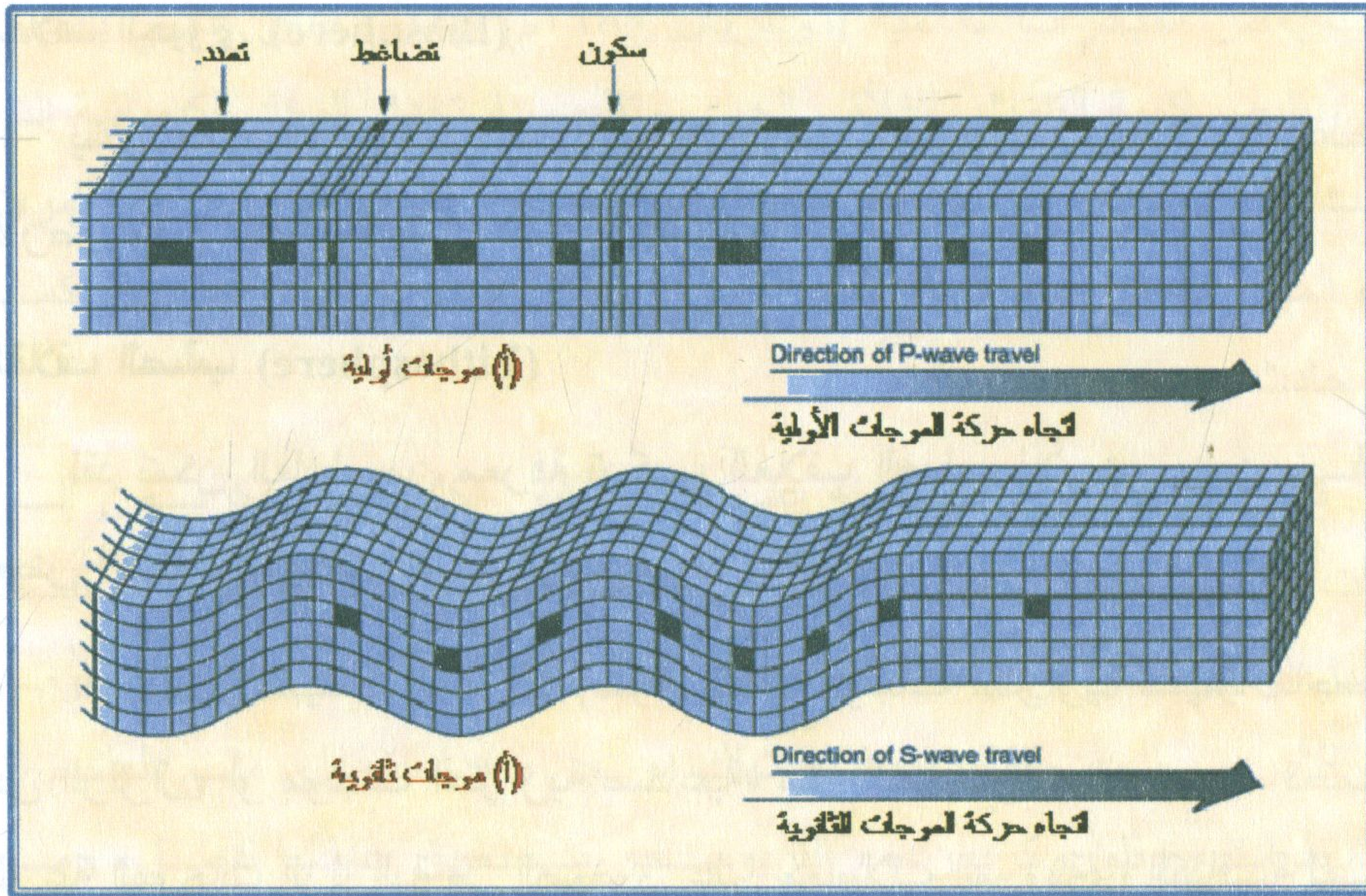
١- تحليل البيانات الزلزالية، سواء كانت موجات اهتزازية طبيعية ناجمة عن الزلزال، أو موجات اهتزازية صناعية، مثل التفجيرات النووية. تعتمد سرعة الموجات الزلزالية في الصخور على معاملات المرونة، والكثافة لهذه الصخور. تنقسم الموجات الزلزالية إلى:

(أ) موجات أولي (primary wave) وتسمى أيضًا موجات تضاغطية (شكل ٢-٢٢ أ)، ويحدث فيها تغير في الشكل، والحجم، ومن أهم خصائصها:

- تنتشر في جميع الأوساط الصلبة والسائلة والغازية.
- أسرع من الموجات الثانوية.
- تزداد سرعتها حسب كثافة الوسط التي تخترقه، وعلى مرونته، وعلى سمكه.

(ب) موجات ثانوية (secondary wave) (شكل ٢-٢٢ب)، ومن أهم خصائصها:

- موجات اهتزازية (shaking motion)
- تنتشر فى الأوساط الصلبة فقط
- أبطأ من الموجات الأولية

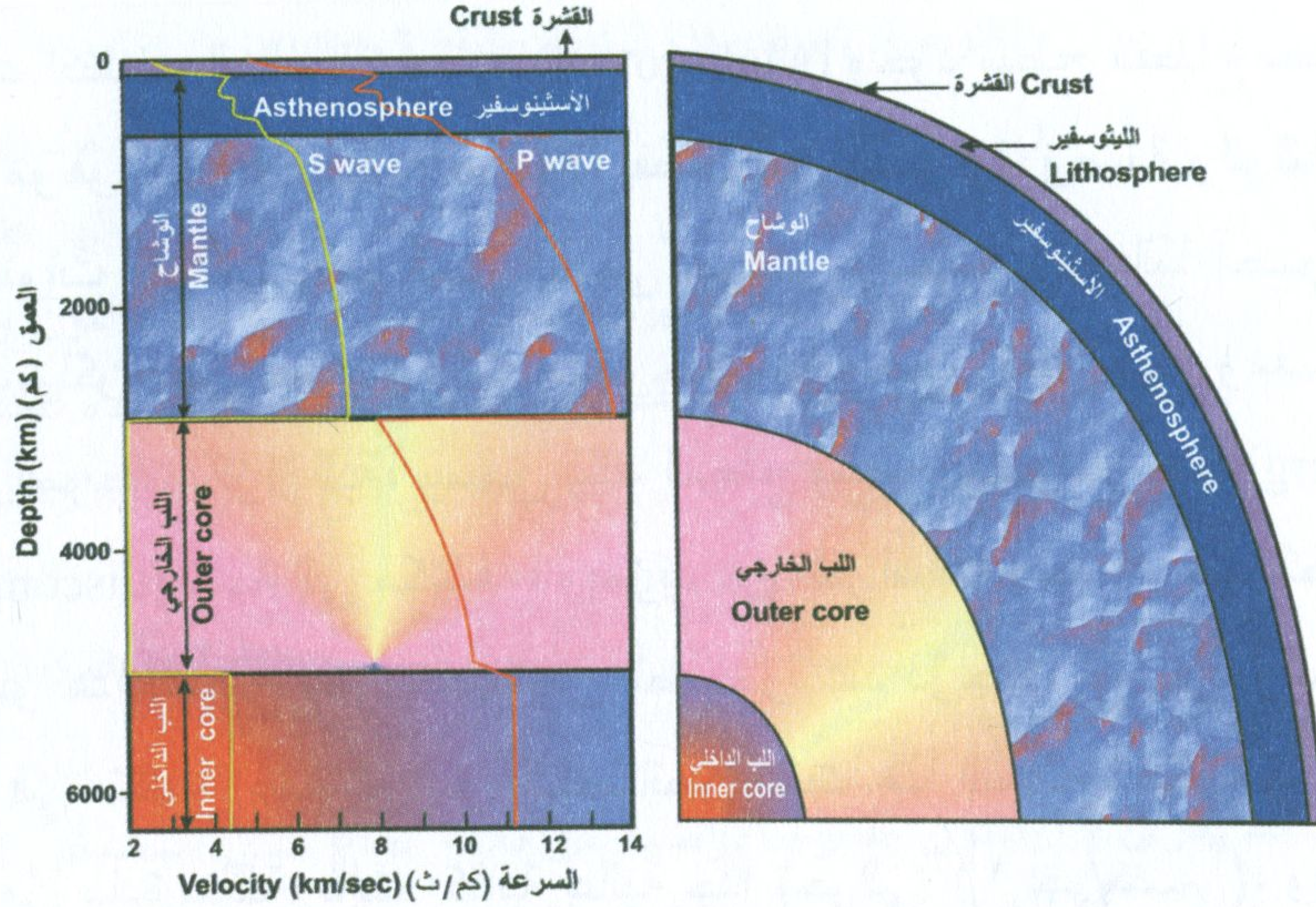


شكل ٢-٢٢. (أ) الموجات الأولية، (ب) الموجات الثانوية.

وقد لاحظ العلماء تغير سلوك الموجات الزلزالية، والذي يدل على وجود تمنطق داخل الأرض وأغلفتها، حيث تختلف عن بعضها في التركيب الكيميائي والمعدني، وفي الخواص الفيزيائية (شكل ٢-٢٣).

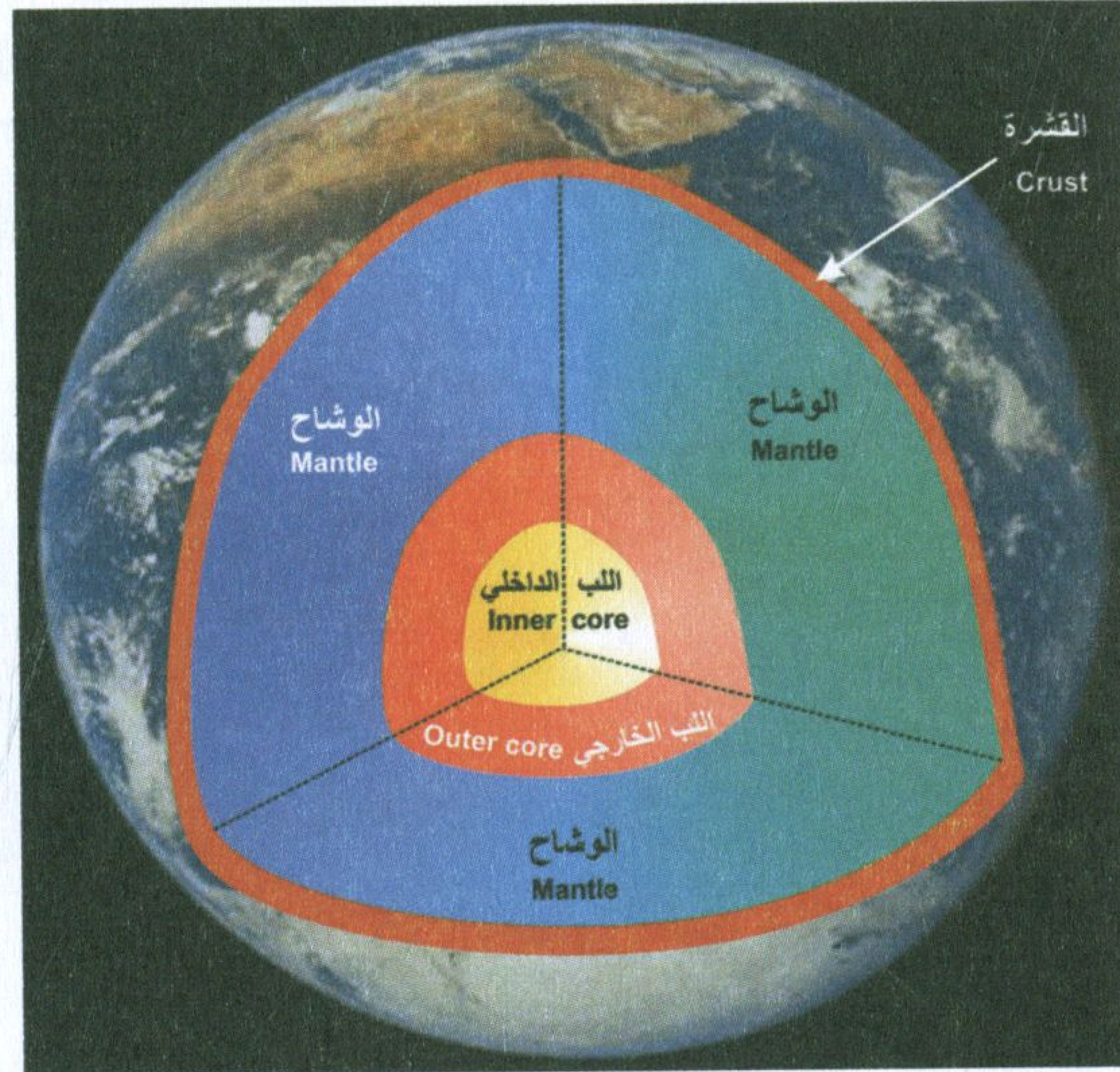
٢- دراسة البراكين (volcanoes): تعتبر البراكين نوافذاً في القشرة الأرضية نطل منها على ما بداخلها، حيث يمكن دراسة ما تقذفه البراكين لمعرفة التركيب الأصلي لها، والظروف التي سادت في الأعماق التي تأتي منها، من خلال دراسة الصخور البركانية التي تتكون من تجمدها على السطح، وبذلك يمكننا الحصول على معلومات من باطن الأرض تصل إلى ٧٠٠ كم.

٣- دراسة النيازك (meteorites): تمثل نواتج الانفجار اللبي لبعض الكواكب التي تشبه الأرض، وعن طريق جمعها من الأرض والقمر ودراستها يمكن معرفة ما يمكن أن يكون عليه داخل الأرض حتى لبها.



شكل ٢-٢٣. تغير سرعات الموجات الأولية والثانوية مع العمق.

وبناءً على الدراسات والمشاهدات الفلكية والجيوفيزيائية، فقد استخلص العلماء أن الأرض عبارة عن كرة يتألف باطنها من نواة (core)، وسطحها عبارة عن قشرة أرضية (crust) رقيقة جدًا مقارنة بحجم الأرض، وبينهما طبقة ثالثة هي الوشاح (mantle) (شكل ٢-٢٤).



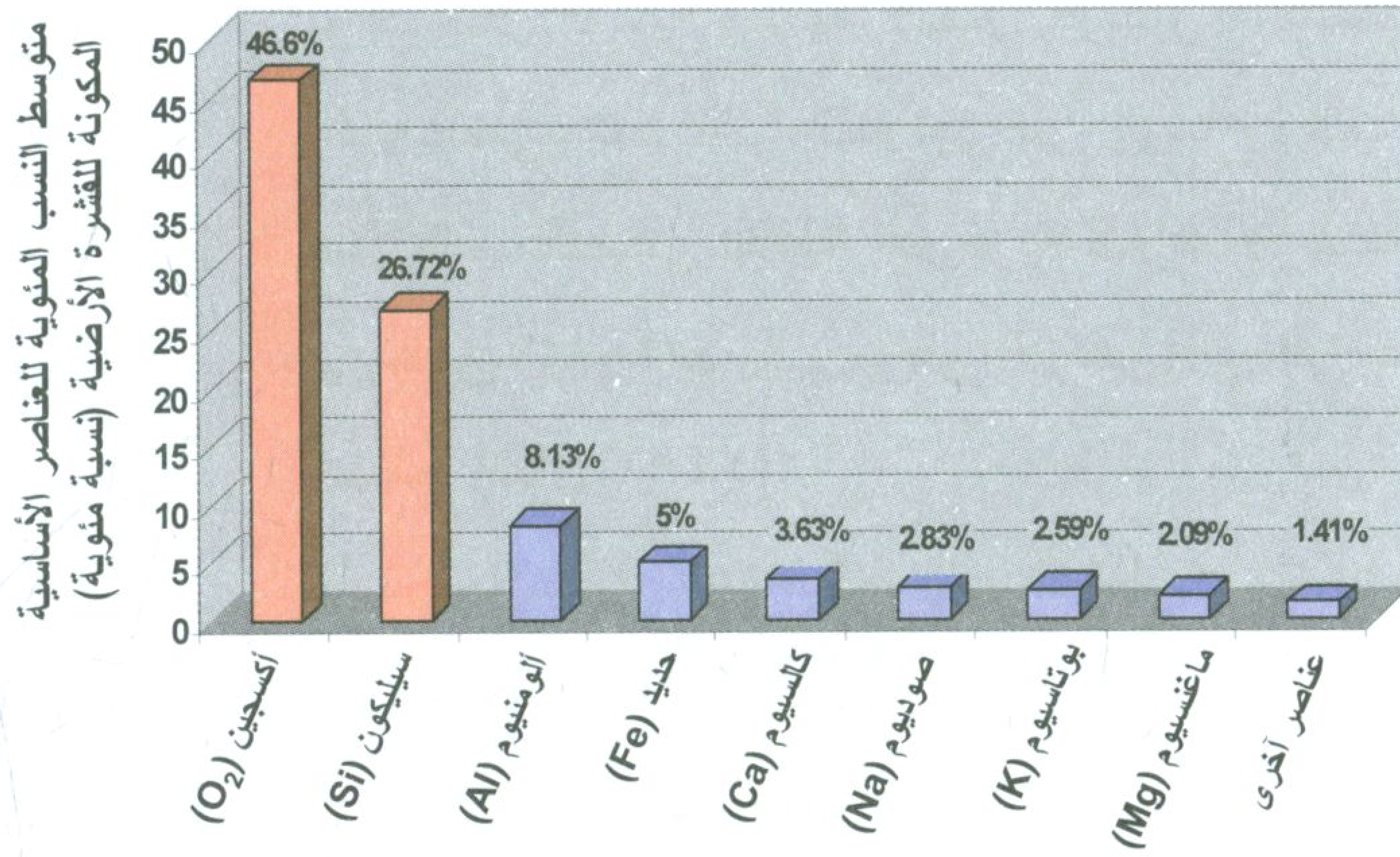
شكل ٢-٢٤. رسم تخطيطي لمقطع في الكرة الأرضية يوضح تتابعات الأغلفة الصخرية.

وقد اكتشف العالم الكرواتي (Mohorovici) وجود سطح انقطاع سمي سطح انقطاع موهو (Moho discontinuity) يفصل بين القشرة الأرضية والوشاح. وبعد ذلك بسنوات اكتشف عالم ألماني يدعى جوتنبرج سطحًا انفصاليًا آخر يشبه الموهو، ولكن على عمق ٢٨٩٨ كم، وحدث عليه أيضًا تغير كبير ومفاجيء لسرعة الموجات الزلزالية، وسمي ذلك السطح بسطح جوتنبرج (Gotenberg discontinuity) نسبة إلى مكتشفه. وبمزيد من الدراسات وجد أن خصائص المادة التي تعلو هذا السطح، هي خصائص الصخور عند درجات الحرارة والضغوط السائدة في تلك الأعماق، ولكن الخصائص تحت هذا السطح تختلف كثيرًا بحيث تتكون من مادة سائلة، ذات كثافة عالية جدًا (حوالي ١١ جم/سم^{٣})، وبدراسة الأنواع المختلفة من النيازك، وجد أن التفسير المنطقي، هو أن الجزء الداخلي من الأرض مكون من الحديد والنيكل، وسمي هذا الجزء اللب، وفي أوائل الستينيات، تم اكتشاف سطح انفصالي آخر داخل اللب على عمق ٥١٤٥ كم، وعلى هذا الأساس تم تقسيم الأرض إلى ثلاثة أغلفة أساسية وهي كالتالي (من الخارج إلى الداخل):

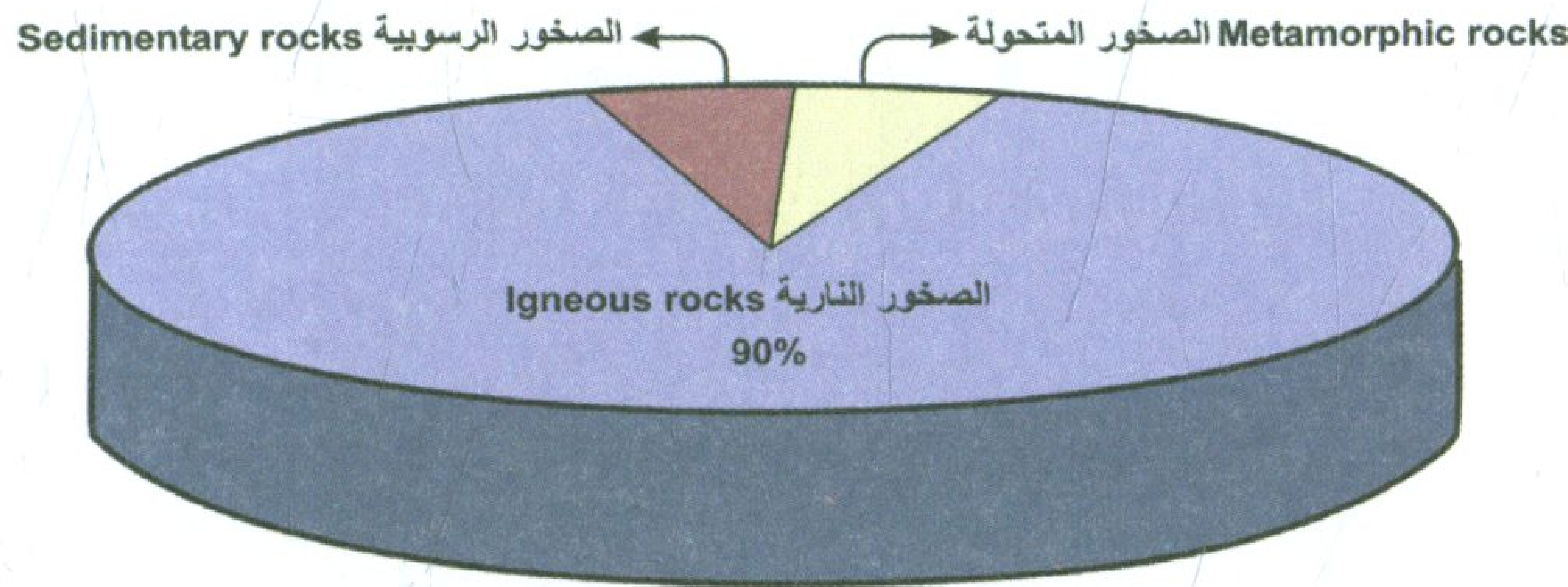
١– القشرة (Crust)

– الموقع	تمثل الطبقة الخارجية للأرض. تتكون القشرة من قشرة قارية وأخرى محيطية.
– السمك	يتراوح السمك بين ٥–٨ كم تحت قيعان المحيطات، و٣٠–٦٠ كم تحت الكتل القارية.
– الكثافة	تتراوح الكثافة بين ٢,٧ جم/سم^{٣} للقشرة القارية، و ٣ جم/سم^{٣} للقشرة المحيطية.
– التركيب	• تتركب القشرة القارية من معادن فلسية أو حامضية مثل الكوارتز والفلسبار ويطلق عليها اسم "سيال sial" لوجود عنصري السيليكون والألومنيوم، بالإضافة إلى البوتاسيوم والصوديوم والكالسيوم. وتتميز صخور هذه الطبقة بلونها الفاتح وخفة أوزانها

	النوعية. تعرف هذه الطبقة بطبقة الجرانيت. • تتكون القشرة المحيطية من معادن مافية مثل الأولوفين والبيروكسين ويطلق عليها اسم "سيما sima" لاحتوائها على عنصري السيليكون والماغنسيوم. صخور هذه الطبقة داكنة اللون وثقيلة الوزن النوعى نسبيًا، وتعرف باسم طبقة البازلت. توجد هذه الطبقة تحت السيال فى القارات فى حين أنها فى قاع المحيطات لا يغطيها إلا طبقة رقيقة من الصخور الرسوبية. • يوضح الشكل (٢-٢٥ أ) العناصر الأساسية المكونة للقشرة الأرضية.
- صفات أخرى	تتكون القشرة الأرضية من ثلاثة أنواع من الصخور: الصخور النارية، والصخور المتحولة، والصخور الرسوبية (٢-٢٥ ب).



(أ)



(ب)

شكل ٢- ٢٥. (أ) متوسط التركيب الكيميائي للقشرة الأرضية، (ب) أنواع الصخور المكونة للقشرة الأرضية.

٢- الوشاح (Mantle)

- الموقع	يمثل الطبقة الوسطى للأرض ويعلوه القشرة الأرضية وبينهما فاصل موهو.
- السمك	٢٨٨٣ كم.
- الكثافة	تتراوح الكثافة بين٣,٢ و ٥ جم/سم٣.
- الحجم	يمثل الوشاح ٨٢٪ من الحجم الكلي للأرض.
- الكتلة	يمثل الوشاح ٦٨٪ من الكتلة الكلية للأرض.
- التركيب	يتكون من صخور سيليكاتية غنية بالحديد والماغنسيوم.
- صفات أخرى	ينقسم الوشاح إلى وشاح علوي صلب، ووشاح سفلي لدن، أو سائل.

٣- اللب (Core)

- الموقع	يوجد أسفل الوشاح وبينهما فاصل جوتينبرج. ينقسم إلى لب خارجي ولب داخلي. يمتد اللب الخارجي بين الوشاح واللب الداخلي، بينما يمثل اللب الداخلي النقطة المركزية للكرة الأرضية. يمتد لب الأرض من عمق ٢٨٨٣ كم إلى مركز الأرض، أي إلى عمق ٦٣٧١ كم من السطح (شكل ٢-٢٤).
- السمك	اللب الخارجي= ٢٢٥٧ كم، اللب الداخلي= ١٢٣١ كم.
- الكثافة	متوسط الكثافة = ١٠,٨ جم/سم٣.
- الحجم	يمثل اللب ١٦٪ من الحجم الكلي للأرض.
- الكتلة	يمثل اللب ٣٢٪ من الكتلة الكلية للأرض.
- التركيب	خليط من الحديد والنيكل بالإضافة إلى نسبة من معادن السيليكا.
- صفات أخرى	• اللب الخارجي في حالة منصهرة ، بينما اللب الداخلي في حالة صلبة. • ينتج عن حركة الصهير باللب الخارجي مع حركة الأرض ما يعرف بالمجال المغناطيسي الأرضي (magnetic field). • يشابه في تركيبه بعض أنواع النيازك.

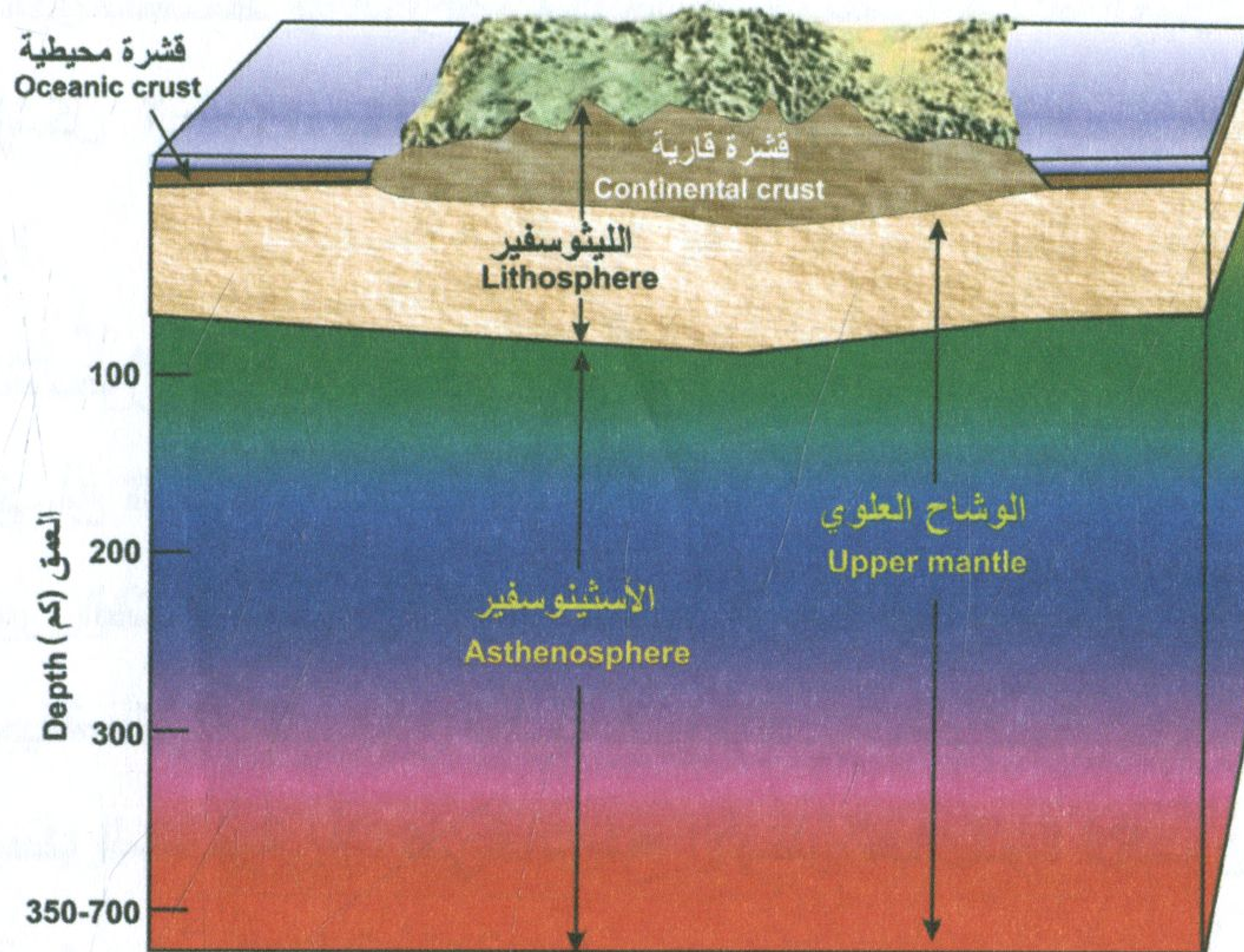
التركيب الداخلي للأرض

(Internal Structure of the Earth)

تم تقسيم الجزء العلوي من الأرض إلى نطاقين أساسيين (شكل ٢-٢٦):

١- النطاق الخارجي، أو الغلاف الصخري، أو الليثوسفير (lithosphere)

- يشمل القشرة الأرضية وسطح موهو الانفصالي والجزء العلوي من الوشاح (upper mantle).
- يبلغ سمكه حوالي ١٠٠ كم.
- مقسم بفواصل رأسية إلى أجزاء منفصلة تسمى ألواح أو صفائح (plates)، هذه الألواح لها القدرة على الحركة بسبب لدونة النطاق الذي يقع تحتها.
- ينفصل عن باقي الوشاح بالأستينوسفير أو النطاق اللدن الذي يسمح بتحرك أجزاء من الليثوسفير مفردها دون أن يؤثر ذلك على باقي الوشاح تحت الأستينوسفير.



شكل ٢-٢٦. التركيب الغلافي الداخلي للأرض.

٢- النطاق اللدن أو الأسثينوسفير (asthenosphere)

- تعني كلمة الأسثينو الضعيف، أي الأقل صلابة.
- نطاق السرعات المنخفضة (plastic or low velocity).
- يبلغ متوسط سمكه حوالي ١٠٠ كم أيضًا.
- أكثر لدونة مما فوقه ومما تحته، ويمثل باقي الجزء العلوي من الوشاح.

الدورة الصخرية
(The Rock Cycle)

تعريف الصخر: هو مادة طبيعية صلبة تتكون من أكثر من معدن، مع العلم بأن هناك بعض الصخور التي تتكون من معدن واحد مثل صخر الدولوميت (dolomite)، وبعض آخر مكون من مواد عضوية مثل الفحم.

تتحول الصخور الأرضية من شكل إلى آخر نتيجة لعوامل داخلية وخارجية، مثل الضغط و الحرارة والتجوية. تسمى هذه العملية بالدورة الصخرية (شكل ٢-٢٧). بشكل عام يمكن تقسيم الصخور إلى ثلاثة أقسام رئيسة، هي:

(١) الصخور النارية (igneous rocks)

- يعتقد أن الصخور النارية هي أول الصخور المكونة للقشرة الأرضية.
- تتكون الصخور النارية نتيجة تصلب المادة المنصهرة (magma)، إما في أعماق سحيقة مكونةً الصخور النارية الجوفية، أو عند أعماق ضحلة لتكوّن الصخور تحت السطحية، أو على سطح الأرض مباشرة لتكوّن الصخور البركانية وتسمى هذه العملية بالتبلور (crystallization).

• عندما تظهر الصخور النارية على سطح الأرض فإنها تكون عرضة لعمليات التجوية، وتتفتت يومًا بعد يوم إلى فتات تجرفها عوامل التعرية، والجاذبية، والمياه الجارية، والكتل الجليدية، والأمواج، وتنقلها إلى مواقع الترسيب.

(٢) الصخور الرسوبية (sedimentary rocks)

• تنشأ الصخور الرسوبية من ترسيب المواد المفتتة أو الذائبة في الماء والتي تنتج من تعرض الصخور المختلفة لعوامل التجوية.

• يصبح هذا الفتات صخرًا رسوبيًا عن طريق التماسك (compaction) بفعل ثقل الطبقات التي فوقه أو عن طريق التلاصق أو التلاحم (cementation) وذلك عند مرور المياه الجوفية عبر هذا الفتات لتملأ الفراغات والفجوات بين حبيباته بمواد معدنية.

(٣) الصخور المتحولة (metamorphic rocks)

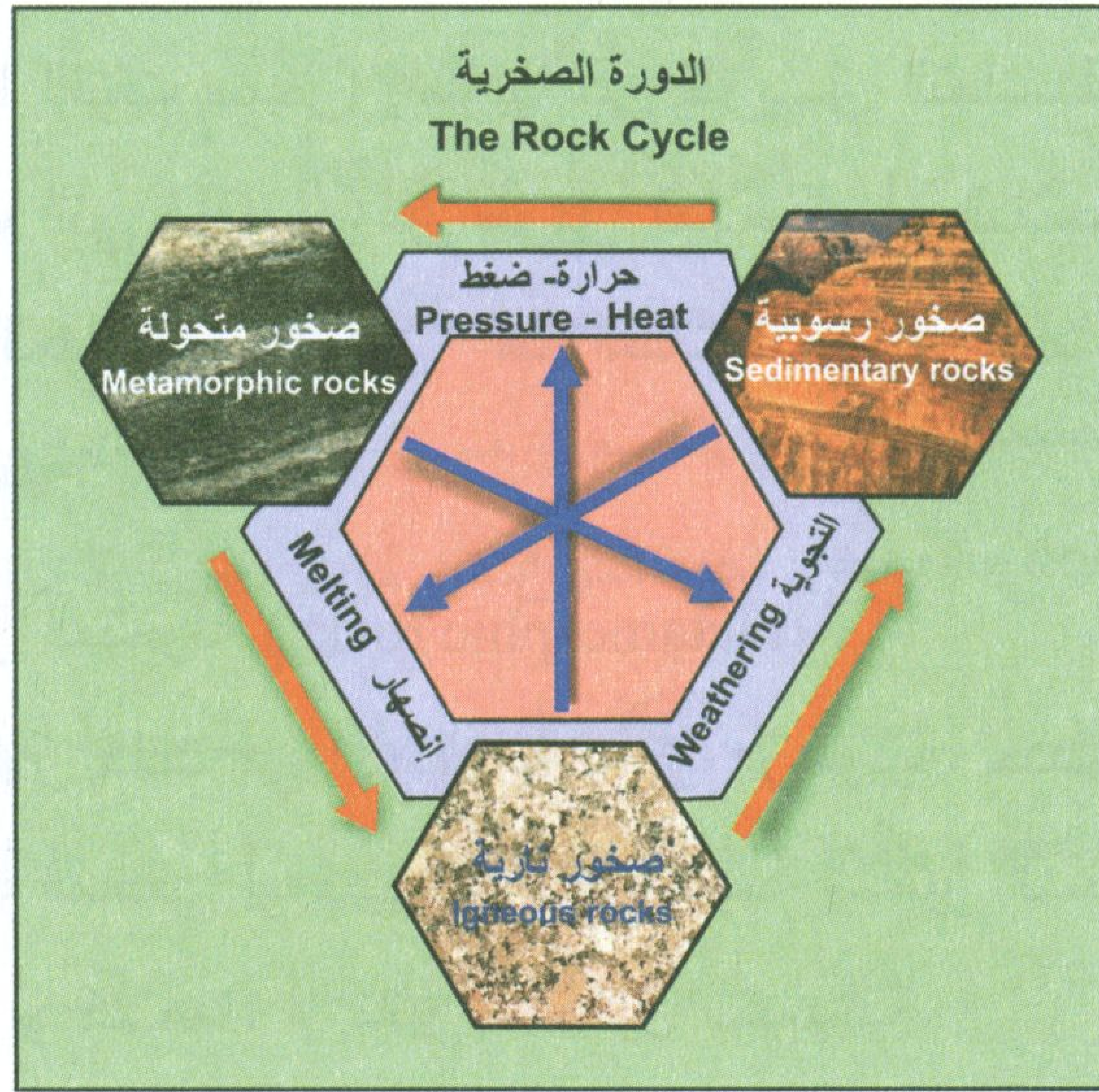
• هي صخور كانت في الأصل نارية أو رسوبية، حدث لها تغير في الشكل أو التركيب المعدني أو كليهما، وذلك نتيجة تأثير الضغط العالي أو الحرارة الشديدة، أو كلاهما، أو تاثير المحاليل الكيميائية.

• تتم عمليات التحول للصخر وهو في حالته الصلبة.

• قد يكون الصخر الأصلي صخرًا ناريًا أو رسوبيًا أو متحولاً بدرجة أقل.

يوضح الشكل (٢-٢٧) دورة الصخور وتغيرها من صورة إلى أخرى بفعل التجوية أو الانصهار أو تأثير الحرارة والضغط. ربما لا تكون هذه الدورة كاملة كما هو مبين بالأسهم الحمراء؛ بل قد تسلك بعض الطرق القصيرة (الأسهم الزرقاء). على سبيل المثال، فالصخور النارية قد لا تتعرض للتجوية والتعرية وهي على سطح الأرض؛ وإنما تتعرض لضغط وحرارة عاليين وهي لا تزال

تحت السطح؛ فتتغير إلى صخور متحولة. كما أن الـصخور المتحولـة قـد لا تتعرض إلى عمليات إنصهار وتغيّر إلى صخور نارية، وإنما قد يحـدث لهـا عملية رفع، ثم تجوية، ثم ترسيب، لتعطي صـخور رسـوبية. وربمـا أيـضًا تتعرض الصخور الرسوبية إلى ظروف عالية من الحرارة والضغط عند دفنهـا تحت أعماق كبيرة، مما يغيرها إلى صهير ليعطي صخورًا نارية دون تغيرهـا مباشرةً إلى صخور متحولة.



شكل ٢-٢٧. دورة الصخور.

بعض الحقائق العامة

• صوّت حوالي ٢٥٠٠ من علماء الفلك من كافة أنحاء العالم في الاجتماع العام لاتحاد الفلكيين الدولي بالعاصمة التشيكية، براغ في ٢٠٠٦/٨/٢٤م لتجريد "بلوتو" من لقب كوكب، بعد أن أثبتوا أن مداره حول الشمس يختلف عن مدار بقية كواكب المجموعة الشمسية، واعتبروه كويكبا صغيرا. بهذا يتغير عدد الكواكب من ٩ إلى ٨، وهي: عطارد، والزهرة، والأرض، والمريخ، والمشتري، وزحل وأورانوس، ونبتون.

• وعلى الجانب الآخر، أعلنت وكالة الفضاء الأميركية (ناسا)، أن العلماء اكتشفوا كوكبا جديدا أضخم من كوكب بلوتو يدور حول الشمس في مناطق الأطراف من النظام الشمسي (لم يطلق عليه العلماء اسمًا بعد)، وقالوا إنه يبعد مسافة تبلغ ضعف مسافة كوكب بلوتو عن الأرض.

• التقط التلسكوب الفضائي سبيترز (Spitzer Space Telescope) صورة لسدم كونية تظهر فيها مراحل صيرورتها، وهي تتكون من مواد كونية محترقة، وتظهر بداخلها تشكيلات من النجوم حديثة التكوين. التقطت الصورة في قطاع الأشعة تحت الحمراء. جهز العلماء في جنوب أفريقيا تلسكوبًا ضخمًا لسبر أغوار الماضي البعيد للكون. يستطيع المرصد التقاط من ١٠ إلى ٢٠ لقطة في الثانية. يبلغ قطر التلسكوب ١١ مترًا.

• أثبت العلماء في الصين أن ثقبًا أسودًا يقبع في مركز مجرة درب التبانة. تبلغ كتلة الثقب أربعة ملايين ضعف كتلة الشمس ويمتد حوالي ٣٠٠ مليون كيلو متر في الفضاء. يعد العلماء الآن برنامجًا للإفادة من هذا الاكتشاف، في محاولة لتوفير دليل جديد على صحة نظرية النسبية العامة لأينشتاين؟

• ستجرى تجارب بالتعاون مع جامعة القاهرة لنموذجين لمركبتي فضاء، تعتمدان تكنولوجيا التصوير بالردار، وذلك على أعماق تتراوح بين ١٠٠ إلى ٢٥٠٠ متر في منطقة الواحات البحرية في مصر، تهدف التجارب إلى الكشف عن المياه الجوفية في كوكب المريخ، وذلك بالمقارنة مع ما ترسله المركبات المريخية من معلومات.

أسئلة وتدريبات

١- اكتب المصطلح (المفهوم) العلمي الذي تدل عليه كل من العبارات الآتية:

١) مادة الكون والمركزة في أماكن محدودة منه على هيئة تجمعات هائلة من النجوم. ....

٢) احتراق الهيليوم لتكوين الكربون والأكسجين. ....

٣) السحب الغازية والترابية التي ساعدت على نشأة الكون. ....

٤) الأجسام التي تدخل إلى الغلاف الجوي للأرض بسرعة كبيرة. ....

٥) الأجسام التي تأتي من الفضاء، وتخترق الغلاف الجوي، ثم ترتطم بسطح بالأرض. ....

٦) السطح الفاصل بين القشرة والوشاح. ....

٧) السطح الفاصل بين الوشاح واللب. ....

٨) ساعدت دراستها في التعرف على تركيب الأسطح الفاصلة بالأرض. ....

٩) ساعدت دراستها في التعرف على تركيب القشرة الأرضية. ....

١٠) ساعدت دراستها في التعرف على تركيب لب الأرض. ....

١١) ساعدت دراستها في التعرف على تركيب وشاح الأرض. ....

٢- أكمل الآتي:

١) تنقسم النجوم حسب كتلتها إلى:

(أ) .... (ب) .... (ج) ....

٢) يمر النجم بعدة مراحل، هي :

(أ) .... (ب) .... (ج) ....

٣) اعتمد العلماء على عدة طرق غير مباشرة لمعرفة تركيب الأرض الداخلي، منها:
(أ) .... (ب) .... (ج) ....

٤) يتكون التركيب الداخلي للأرض من:
(أ) .... (ب) .... (ج) ....

بينما تتكون الأغلفة الخارجية للأرض من:
(أ) .... (ب) .... (ج) ....

٥) ساعدت دراسة النيازك على التعرف على تركيب................ بالأرض

٦) ساعدت دراسة البراكين على التعرف على تركيب .... بالأرض

٧) تتكون الأرض من السطح الخارجي إلى مركزها من:
(أ) .... (ب) .... (ج) ....

٨) هناك نظريتان أساسيتان لنشأة المجموعة الشمسية هما نظرية .... ونظرية................

٩) تسمى الأجسام السماوية والتي تحترق عند اختراقها الغلاف الجوي بـ.................، بينما الأجسام التي تخترق الغلاف الجوي وتصطدم بالأرض تسمى بـ ....

١٠) النطاق الخارجي أو الغلاف الصخري أو الليثوسفير (lithosphere) يتكون من .... و .... و...............................

١١) يتحول الأكسجين عن طريق امتصاص جزء كبير من الأشعة فوق البنفسجية القادمة من الشمس إلى غاز ....

١٢) يحترق الهيليوم عن طريق الاندماج النووي ليكون .... و ....

١٣) تسمى السحب الغازية والترابية والتي تتركز بالفضاء بـ...................

١٤) يسمى السطح الفاصل بين القشرة والوشاح بـ...................

١٥) يسمى السطح الفاصل بين الوشاح واللب بـ...................

16) What is the core of the Earth made of ?
....

17) What is the major component of the Earth's atmosphere?
....

18) What is the name of the lowest layer of the Earth's atmosphere? This is the layer in which weather occurs.
……………………………………

19) The major rock types on Earth are sedimentary, igneous and ……………………

20) The most abundant element in the Earth's atmosphere is ……………………..

21) The inner core of the Earth is thought to be a ………………………

22) The lithosphere of the Earth is divided into approximately ………. plates which move relative to each other.

23) New oceanic crust is created at ……………………

24) When oceanic crust meets continental crust, ………………… occurs.

25) The Arabian Peninsula is being developed along what type of plate margin?

26) The lithosphere "rides on" the ………………..

27) Most sedimentary rocks consist of weathered fragments of …………………

28) As sedimentary rocks are buried more and more deeply, they are subjected to greater temperatures and pressures. This may result in the formation of ……………………………

29) As burial continues and heat increases, the formation of ………… may occur.

30) If igneous or metamorphic or buried sedimentary rocks are uplifted and weathered ………………………….. may form.

31) The most recent supercontinent on Earth was ……………………..

32) For the following questions, use either continental (C) or oceanic (O) crust as your answers.

- Forms thin crustal plates ( )
- Composed of granite ( )
- Forms thick crustal plates ( )

- Relatively dense rocks ( )
- Composed of basalt ( )
- Rests isostatically at high elevations ( )
- Rests isostatically at lower elevations ( )

٣- علل لما يأتي (اذكر السبب العلمي) (بم تفسر؟):

١) تحدث عمليات تجوية على سطح الأرض ولا يحدث ذلك على سطح القمر.

٢) تنفجر بعض النجوم والكواكب وتتلاشى في الفضاء.

٣) لا ينفجر كوكب الأرض، شأنه شأن بعض النجوم والكواكب الأخرى.

٤) حدوث زلازل وبراكين بالأرض.

٥) يعتقد أن غاز الهيدروجين هو الغاز الأولي في عمليات نشأة الكون.

٦) تحترق الأجسام التي تدخل الغلاف الجوي للأرض.

٧) تسلك الموجات الزلزالية سلوك مختلف بالأرض.

٨) حدوث الظواهر المناخية مثل الرياح، والأمطار، والسحب، والعواصف، والأعاصير بالتروبوسفير.

٤- اذكر باختصار ما المقصود بكل من:

- السديم:
- الشهب:
- النيازك:
- سطح موهو الانفصالي:
- سطح جوتينبرج الانفصالي:
- الموجات الزلزالية الأولية والثانوية:
- الكواكب الداخلية:
- الكواكب الخارجية:
- المذنبات:

- قشرة الأرض:
- الوشاح:
- اللب:
- الغلاف الصخري أو الليثوسفير:
- التروبوسفير:
- الستراتوسفير:
- الغلاف المائي:
- الغلاف الحيوي:

٥- صل العبارات في العمود (أ) بما يناسبها من العبارات في العمود (ب):

(أ)	(ب):
الاندماج النووي للهيدروجين يؤدي إلى تكوين	الكربون و الأكسجين
الاندماج النووي للهيليوم يؤدي إلى تكوين	أجسام باردة تتكون من ثلوج الماء، والنشادر والميثان، وثاني أكسيد الكربون، مع قطع صخرية ومعدنية ملتحمة مع بعضها البعض
تندمج ذرات الكربون لتعطي العناصر الأثقل مثل	الماغنسيوم، والسيليكون
يستمر النجم في تصنيع وحرق العناصر واحدًا تلوالآخر إلى أن يصل إلى	عطارد – الزهرة – الأرض – المريخ
من أمثلة الكواكب الداخلية	زحل – المشتري – أورانوس– نبتون
من أمثلة الكواكب الخارجية	الهيليوم
المذنبات (comets) هي	الحديد
الوشاح هو	هو النطاق السفلي من الغلاف الجوي و يتراوح سمكه ما بين ١٨ كم عند خط الاستواء، إلى ٦ كم عند القطبين
الليثوسفير يشمل	القشرة وسطح موهو، والجزء العلوي من الوشاح
التروبوسفير	طبقة صخرية لدنة يبلغ أقصى سمك لها ٢٨٨٥كم

٧- ضع بين القوسين علامة (✓) أو (X) أمام العبارات التالية: (ثم صحح الخطأ إن وجد)

➢ مادة الكون مركزة في أماكن محدودة منه على هيئة تجمعات هائلة من النجوم، تعرف بالمجرات (galaxies).	( )
➢ المجرة التي تقع فيها أرضنا تسمى مجرة الدب الأكبر.	( )
➢ ينتج عن الاندماج النووي للهيليوم، كربون و أكسجين.	( )
➢ القمر هو أقرب الأجرام السماوية للأرض.	( )
➢ المذنبات: هي أجسام من الحديد والنيكل.	( )
➢ ساعدت دراسة الموجات الزلزالية في التعرف على الأسطح الانفصالية المختلفة للأرض.	( )
➢ يبلغ سمك الغلاف الصخري أو الليثوسفير ٧٠٠ كم.	( )
➢ الأسثينوسفير (asthenosphere) هو أكثر لدونة مما فوقه، و مما تحته، وهو باقي الجزء العلوي من الوشاح.	( )
➢ سطح موهو مستوٍ تمامًا.	( )
➢ تتكون القشرة الأرضية بصفة عامة من الصخور السيليكاتية المتبلورة، أي نارية و متحولة، ويتراوح تركيبها بين البازلت والجرانيت.	( )
➢ تتكون القشرة المحيطية (oceanic crust) من صخور ذات تركيب جرانيتي.	( )
➢ تتكون القشرة القارية، من صخور ذات تركيب بازلتي.	( )
➢ يمثل الوشاح حوالي ٨٣ ٪ من حجم الأرض و ٦٨ ٪ من كتلتها.	( )
➢ يتكون الجزء العلوي للوشاح من صخور فوق مافية.	( )

➢ يمثل اللب حوالى ١٦ ٪ من حجم الكرة الأرضية، و لكنه يكون حوالي ٣٢٪ من كتلتها.	( )
➢ اللب يتكون من الحديد مع حوالي ٦ ٪ من النيكل.	( )
➢ طبقة الأوزون عبارة عن O_2 ، وتمنع وصول الأشعة فوق البنفسجية إلى الأرض.	( )
➢ السطح الفاصل بين الوشاح واللب يسمى سطح موهو.	( )
➢ اللب الداخلي للأرض عبارة عن سحب غازية وترابية.	( )
➢ الأجسام التي تدخل إلى الغلاف الجوي للأرض بسرعته الكبيرة تسمى بالشهب.	( )
➢ الأجسام التي تأتي من الفضاء وترتطم بسطح الأرض تسمى السديم.	( )
➢ السطح الفاصل بين القشرة والوشاح يسمى سطح جوتينبرج.	( )
➢ ينشأ النجم في مرحلة ولادته من سحب غازية و ترابية تعرف بالسديم.	( )
➢ مرحلة النضوج للنجم هي مرحلة عدم توازن و ثبات ناتجة من قوتي الاندماج النووي والجاذبية.	( )
➢ في مرحلة القزم الأبيض يشع النجم الطاقة المخزونة فيه على شكل ضوء أبيض.	( )
➢ في مرحلة القزم الأسود يقل لمعان النجم ثم يتوارى عن الأنظار.	( )
➢ الاندماج النووى للهيدروجين يؤدي إلى تكّون الماء.	( )
➢ الاندماج النووى للهيليوم يؤدي إلى تكّون الكربون والأكسجين.	( )

➢ تندمج ذرات الكربون لتعطي العناصر الأثقل مثل الماغنسيوم، والسيليكون.	( )
➢ يستمر النجم في تصنيع وحرق العناصر واحدًا تلوالآخر إلى أن يصل إلى الحديد.	( )
➢ من أمثلة الكواكب الداخلية، أو الكواكب الصغيرة، أو الكواكب الأرضية : زحل – المشتري – أورانوس– نبتون.	( )
➢ من أمثلة الكواكب الخارجية، أو الكواكب الكبيرة، أو الكواكب الزحلية: عطارد – الزهرة – الأرض – المريخ.	( )
➢ تتكون الكواكب الداخلية أو الكواكب الصغيرة من مواد صخرية (مركبات السيليكا والحديد) ونسبة قليلة من الغازات (هيدروجين + هيليوم).	( )
➢ تتكون معظم الكواكب الخارجية، أو الكواكب الكبيرة من الغازات، وبدرجة أقل من الثلوج (الأمونيا- الميثان- ثاني أكسيد الكربون- الماء) و نسبة قليلة من المواد الصخرية المتمركزة في اللب.	( )
➢ المذنبات هي النطاق السفلي من الغلاف الجوي.	( )
➢ التروبوسفير هو نطاق صلب غني بالحديد يبلغ نصف قطره ١٢١٦ كم.	( )
➢ اللب الخارجي هو نطاق صلب غني بالحديد يبلغ نصف قطره ١٢١٦ كم.	( )
➢ الوشاح (mantle) هو غشاء خارجي خفيف يتراوح سمكه بين ٥ إلى ٤٠ كم.	( )
➢ يشغل الغلاف المائي ١٠٪ من مساحة الأرض.	( )
➢ الغلاف الحيوي يقصد به مجموع الأحياء (نبات – حيوان – أحياء دقيقة و الإنسان) التي تعيش على سطح الأرض.	( )

٨- اختر الإجابة الصحيحة:

(١) بداية الكون كانت شيئًا واحدًا، وهو الكتلة الأولية التي انفجرت مشكّلة كل ما نراه حولنا من مجرات، وكواكب، وغير ذلك.

صح

خطأ

(٢) الهيدروجين هو أخف العناصر ووزنه الذري يساوي واحد، وهو العنصر الذي تشكل في بداية نشأة الكون.

صح

خطأ

(٣) تتم دراسة الكون بصورة غير مباشرة، حيث يتعرف علماء الفلك على الكون عبر جمع وتحليل الضوء، وأشكال الإشعاع الأخرى، التي تأتينا من الأجسام في الفضاء عبر التلسكوبات.

صح

خطأ

(٤) تنشأ طاقة الشمس والنجوم من عمليات الاندماج بين نوى الذرات الصغيرة، مثل الهيدروجين أو نظيريه الدوتيريوم والتيريتيوم، وتحولها إلى غاز الهيليوم.

صح

خطأ

(٥) اندماج ٤ نوى هيدروجين، يؤدي إلى تكوين نواة الهيليوم.

صح

خطأ

(٦) يبلغ قطر الشمس ١,٤ مليون كم، ونراها من الأرض بزاوية صغيرة (نصف درجة، أي ٣٢ دقيقة وسطيًا) بسبب المسافة الهائلة التي تفصلها عنا، وهي تساوي ١٥٠ مليون كم، ويقطع الضوء هذه المسافة تقريبًا في ٨ دقائق.

صح

خطأ

(٧) يبلغ قطر القمر ٣٤٧٦ كم، ويبعد عن الأرض وسطيًا ٣٨٤٠٠٠ كم، ونراه من الأرض بزاوية قدرها الوسطي ٣١ دقيقة، أي تساوي تقريبًا زاوية النظر إلى قرص الشمس، مما يسمح للقمر في بعض الأحيان أن يغطي قرص الشمس تمامًا ويسبب الكسوف الكلي.

صح
خطأ

(٨) يبلغ قطر الأرض ١٢٧٥٦ كم، وهذا أكبر بـ ٣.٦ مرة من قطر القمر، لذلك يكون ظل الأرض أضخم وأطول من ظل القمر.

صح
خطأ

(٩) درجة حرارة سطح الشمس ٦٠٠٠ درجة مئوية، وتزداد كلما اتجهنا إلى داخل الشمس.

صح
خطأ

10. Galaxies are evenly distributed throughout the Universe.
    a) True
    b) False
11. Earth's core is composed of iron alloy and gold.
    a) True
    b) False
12. In the early Universe the only two elements in existence were carbon and hydrogen.
    a) True
    b) False
13. The core accounts for most of the volume of Earth.
    a) True
    b) False
14. The geothermal gradient increases as you go deeper into the Earth.
    a) True
    b) False

15. The element carbon, so important to life, was formed in first-generation stars.
    a) True
    b) False

16. Iron, oxygen, silicon, and potassium make up most of Earth's matter.
    a) True
    b) False

17. Earth materials always trace the complete rock cycle from sediment through igneous rocks.
    a) True
    b) False

18. The terms crust and lithosphere are synonymous.
    a) True
    b) False

20. The terms mantle and asthenosphere are synonymous.
    a) True
    b) False

21. Because we rarely witness dramatic changes in the Earth, we can conclude that the Earth is not changing very much.
    a) True
    b) False

22. The motions of the three types of plate boundaries would be described as divergent, convergent, and static.
    a) True
    b) False

23. Earth rotates in about _______ hours.
    a) 24
    b) 6
    c) 12
    d) 26

24. The Earth diameter is _________ kilometers?
    a) 7904
    b) 12756
    c) 6542
    d) 9655

25. The Earth is the ___________ planet from the Sun.
   a) fourth
   b) fifth
   c) second
   d) third

26. Earth's atmosphere consists mostly of?
   a) Oxygen and hydrogen
   b) Carbon dioxide and argon
   c) Oxygen and nitrogen
   d) Hydrogen and helium

27. Earth's inner core is solid.
   a) True
   b) False

28. Under intense pressure and high temperature, hydrogen atoms combine to form helium. This process is called:
   a) nuclear fusion
   b) nuclear fission
   c) metamorphism
   d) convection

29. What are the two most abundant elements in nebula (gas clouds) in the universe?
   a) nitrogen and oxygen
   b) oxygen and silicon
   c) hydrogen and helium
   d) iron and nickel

30. How thick is the crust of the Earth?
   a) about 4 miles
   b) about 4 km
   c) about 40 km
   d) about 400 km

31. The layer that separates crust from core is the?
   a) magma layer
   b) lithosphere
   c) mantle
   d) continent

32. The moon is _________ .
   a) older than the sun
   b) older than most meteorites
   c) older than the Earth
   d) none of these

33. The asthenosphere is _________.
   a) cool and strong
   b) cool and weak
   c) hot and strong
   d) hot and weak

34. The Earth's lithosphere is broken into approximately ______ large, rigid plates.
   a) 2
   b) 12
   c) 50
   d) 100

35. A __________ plate boundary is illustrated in the figure show above.
   a) transform fault
   b) divergent
   c) convergent - subduction
   d) convergent - continent/continent collision

36. Which of the following statements about convection is true?
   a) heat is transferred from hot material to cool material without inducing a flow.
   b) cool material flows upward and displaces hot material
   c) hot material flows upward and displaces cool material
   d) random circulation occurs

37. Approximately how fast does an Earth lithospheric plate move?
   a) several centimeters per year
   b) several centimeters per day
   c) several centimeters per hour
   d) several centimeters per second

38. Which of the following is not a type of plate boundary?
   a) convergent
   b) divergent
   c) transform fault
   d) all of these are plate boundaries

39. New seafloor is created at a ________.
   a) deep sea trench
   b) mid-ocean ridge
   c) subduction zone
   d) transform fault

40. The descent of oceanic lithosphere into the mantle is the process of ______.
   a) subduction
   b) accretion
   c) divergence
   d) contraction

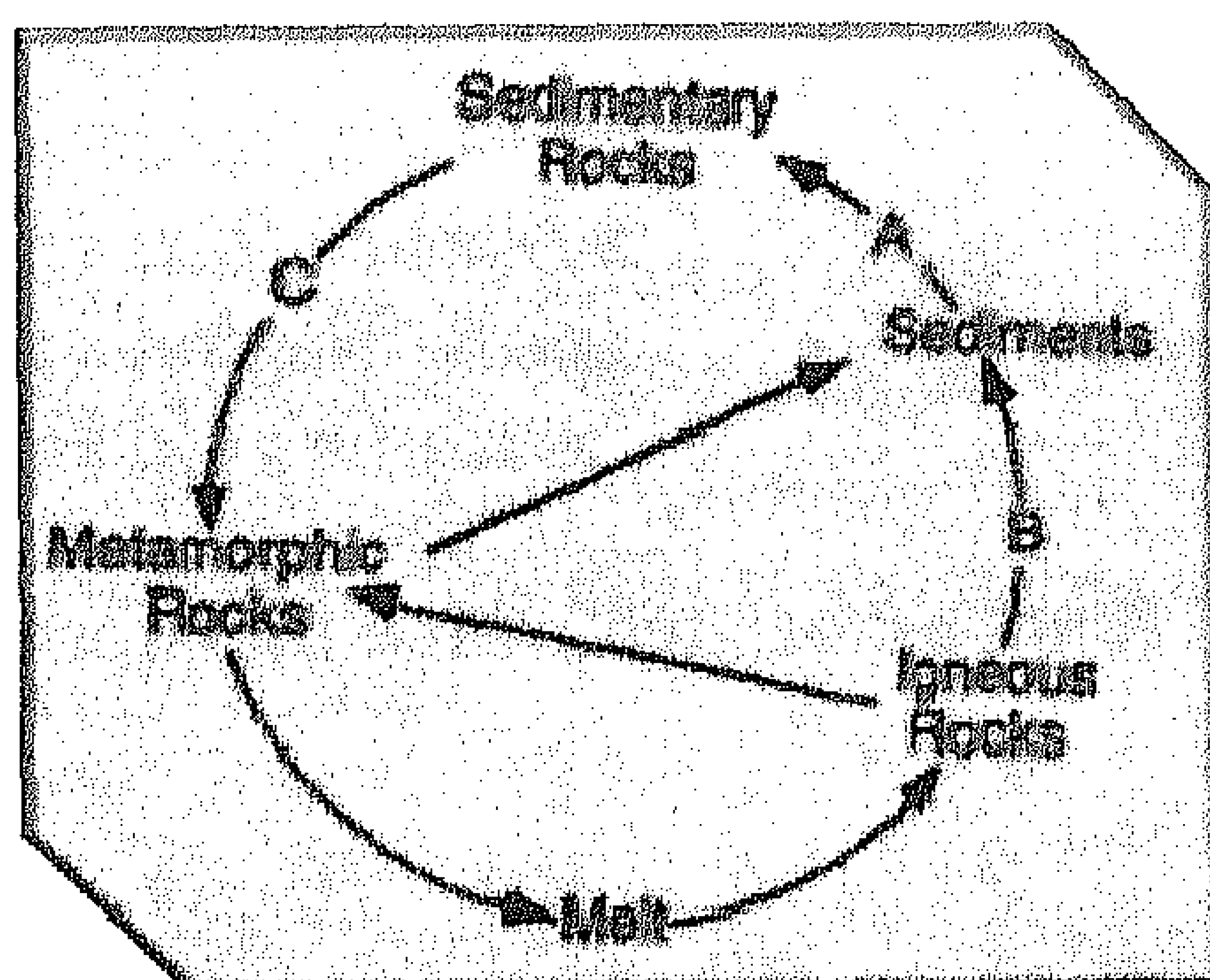
41. Which of the following features is not associated with a transform plate boundary?
   a) a mid-ocean ridge
   b) earthquakes
   c) a deep sea-trench
   d) volcanic activity

42. Volcanism is associated with which of the following types of plate boundaries?
   a) convergent plate boundaries
   b) divergent plate boundaries
   c) transform fault plate boundaries
   d) divergent and convergent plate boundaries

43. What is the name of the large supercontinent that existed 200 million years ago when all of the continents were together?
   a) San Andreas
   b) Andian
   c) Indian
   d) Pangaea

44. The theory of plate tectonics was not initially widely accepted because ______.
   a) land bridges would have blocked plate movement
   b) rocks of the Earth's crust were considered too stiff for continents to move through them
   c) fossils on South America and Africa did not match
   d) ocean floor mapping showed that older rocks occur away from mid-ocean ridges

45. Referring to the diagram below, path A is _______
    a) cooling and crystallization
    b) burial and lithification
    c) weathering and deposition
    d) cooling and uplift



46. Referring to the diagram above, path B is _______
    a) uplift, weathering and erosion, deposition
    b) deposition, heat and pressure, weathering
    c) melting, crystallization, heat and pressure
    d) deposition, lithification and crystallization

47. Referring to the diagram what factor(s) are responsible for path C?
    a) melting
    b) crystallization
    c) heat and pressure
    d) burial and lithification

48. Which seismic waves travel the fastest?
    a) P-waves
    b) S-waves
    c) Surface waves
    d) Sonic waves

49. Which one of the following is NOT a type of seismic wave?
    a) Primary wave
    b) Secondary wave
    c) surface wave
    d) tertiary wave

50. Of the two types of body waves, the S wave travels fastest.
   a) True
   b) False

51. At convergent plate boundaries, two plates ....
   a) move together
   b) do not move
   c) move a part
   d) reverse direction

52. What layer of earth allows the plates to move.
   a) cryoshere
   b) lithosphere
   c) asthenosphere
   d) mesosphere

53. At convergent plate boundaries, ...
   a) new lithosphere is formed
   b) old lithosphere is destroyed
   c) neither "a" or "b"
   d) both "a" or "b"

54. Pangea was the most recent supercontinent
True false

55. Collision mountain belts form along ....boundaries.
   a- divergent
   b- convergent
   c- transform fault
   d- extensional

56. The water sphere of the earth is known as the
   a) atmosphere
   b) troposphere
   c) lithosphere
   d) hydrosphere

57. The true shape of the Earth is best described as a
   a) perfect sphere
   b) perfect ellipse
   c) slightly oblate sphere
   d) highly eccentric ellipse

58. Compared to Earth's crust, Earth's core is believed to be
   a) less dense, cooler, and composed of more iron
   b) less dense, hotter, and composed of less iron
   c) more dense, hotter, and composed of more iron
   d) more dense, cooler, and composed of less iron

59. New oceanic lithosphere forms at __________ .
   a) divergent plate boundaries
   b) convergent plate boundaries
   c) transform plate boundaries
   d) all of these are possible

60. Partial melting and the production of magma takes place at _________ .
   a) divergent plate boundaries
   b) ocean-ocean convergent plate boundaries
   c) ocean-continent plate boundaries
   d) all of these

61. Which of the following are not associated with convergent plate margins?
   a) deep-focus earthquakes
   b) rift valleys
   c) island arcs
   d) deep-sea trenches

62. The west coast of Saudi Arabia represents a _________ .
   a) convergent boundary
   b) divergent boundary
   c) transform boundary
   d) non of these

٩- اذكر بالجدول التالي الفرق بين الموجات الأولية والموجات الثانوية؟

الموجات الأولية Primary (P) wave	الموجات الثانوية Secondary (S) wave

١٠- اذكر الفرق بين القشرة والوشاح واللب :

	القشرة Crust	الوشاح Mantle	اللب Core
السمك			
الصخور			
الكتلة			
الحالة			
العناصر			

١١- وضح بالرسم وعليه البيانات لكل من:

- التركيب الداخلي للأرض
- دورة الصخور

الباب الثالث

المعـــــادن (Minerals)

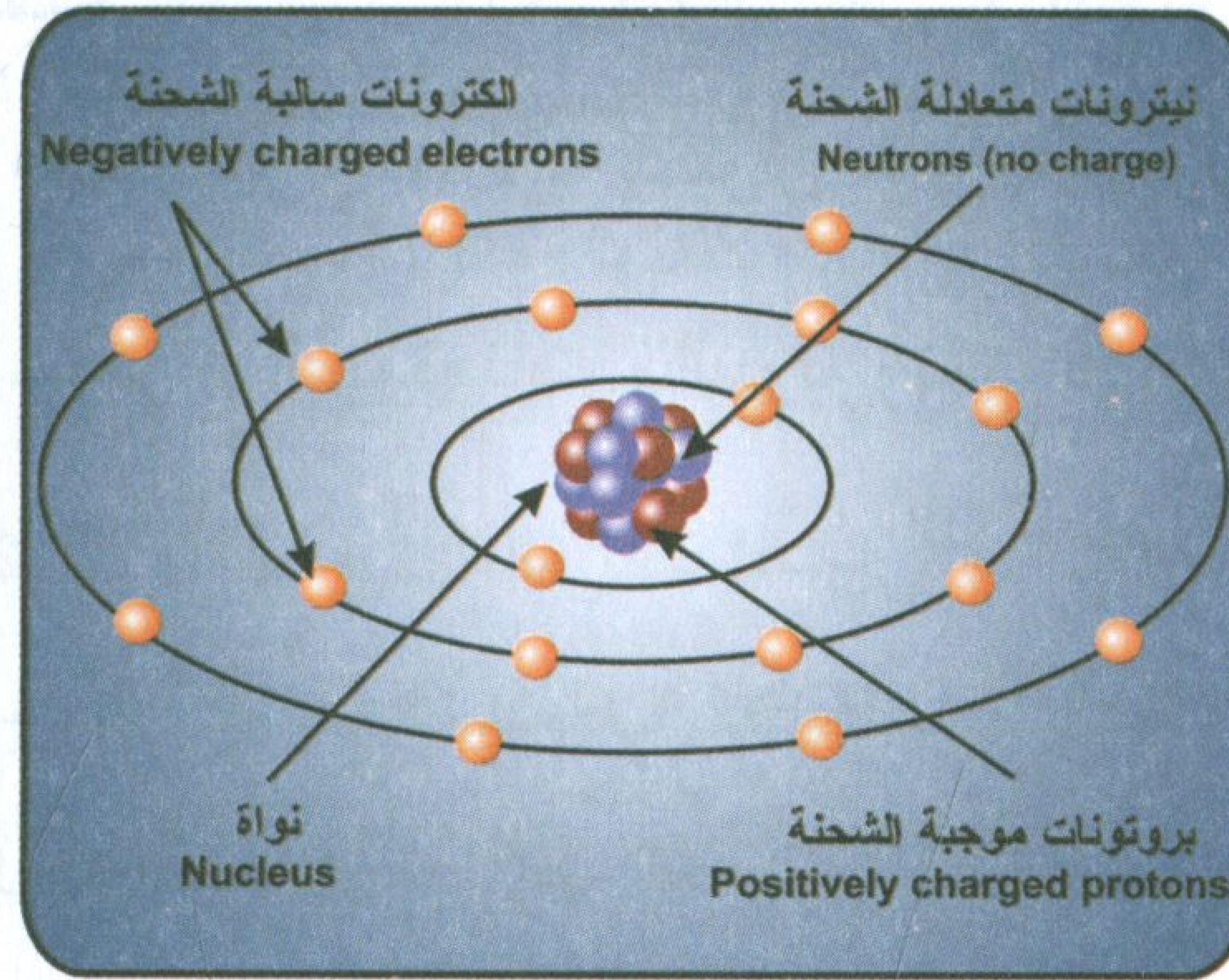
- مقدمة
- الذرة وتركيبها
- الجدول الدوري
- البناء الذري للمعادن
- التعدد الشكلي
- التشابه الشكلي
- الخداع الشكلي
- الخواص الفيزيائية للمعادن
- التصنيف العام للمعادن

مقدمة (Introduction)

يمكن بشكل عام تعريف المعدن على أنه مادة صلبة طبيعية متجانسة، تكونت بطريقة غير عضوية، وذات تركيب كيميائي محدد (أو متغير في نطاق محدود)، ولها تركيب ذري داخلي ثابت ومميز.

الذرة وتركيبها (Atom and its Composition)

الذرة هي حجر الأساس فى أي مادة بشكل عام، وهى أصغر جزء يمكن الوصول إليه، ويبقى كما هو أثناء التفاعلات الكيميائية. تتكون الذرة من نواة مركزية مكونة من بروتونات موجبة الشحنة، ونيوترونات متعادلة الشحنة، وتحيط بها إلكترونات سالبة الشحنة (شكل ٣-١).



شكل ٣-١. تركيب الذرة.

تدور الإلكترونات بسرعة فائقة حول النواة على شكل سحابة، وتوجد الإلكترونات المنفردة على مسافات محددة من النواة في مناطق تعرف باسم مسارات مستويات الطاقة، حيث يحتوي كل مسار على عدد محدد من

الإلكترونات. ويعطي العلماء لكل مدار إلكتروني رقمًا خاصًا به. فالمدار الأقرب إلى النواة يُسمَّى بالمدار رقم ١. وترقم المدارات الأخرى ٢، ٣، ٤، ٥، ٦، ٧ حسب الترتيب التصاعدي لبعدها عن النواة. يستطيع كل مدار استيعاب عدد معين من الإلكترونات. فالمدارات ١، و٢، و٣، و٤، و٥، و٦، و٧ تستطيع استيعاب ٢، و٨، و١٨، و٣٢، و٥٠، و٧٢ و٩٨ إلكترونًا كحد أقصى. وتسمى المدارات أحيانًا بالحروف Q, P, O, N, M, L, K.

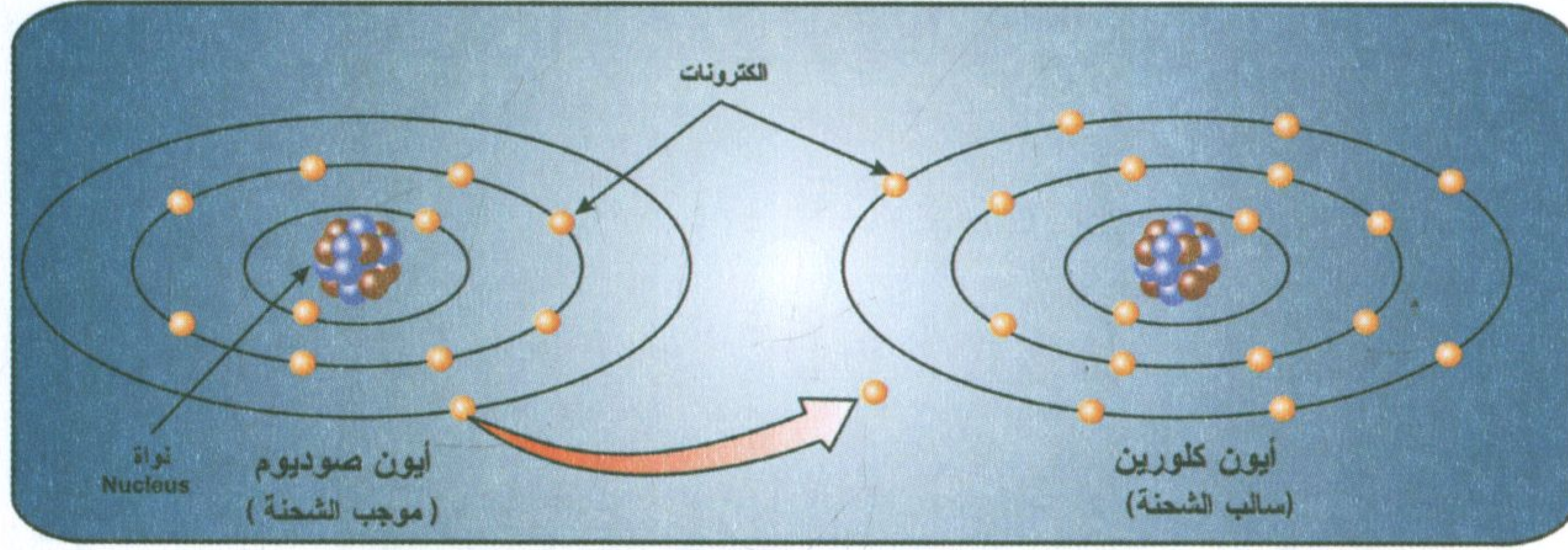
إن لكل عنصر خصائصه المميزة التي تعتمد على الذرات التي يتكون منها، وقد وجد أن عدد البروتونات في نواة ذرة عنصر ما يختلف عن نواة عنصر آخر وقد أطلق عليه **العدد الذري** (atomic number) وتوصف الذرة بأنها متعادلة كهربائيًا عندما يكون عدد الإلكترونات مساويًا لعدد البروتونات. يتحدد العدد الذري بعدد البروتونات. مثال ذلك:

- الكربون عدده الذري ٦ لأنه يحتوي على ٦ بروتونات.
- الأكسجين عدده الذري ٨ لأنه يحتوي على ٨ بروتونات.

ويطلق على مجموع البروتونات والنيوترونات في الذرة **العدد الكتلي** (mass number)، أما الوزن الذري فهو وزن الذرّة معبَّرًا عنه بوحدات الكتلة الذرية والتي تعادل ١/١٢ من وزن ذرة الكربون ١٢. ويطلق على الذرات التي لها نفس عدد البروتونات وتختلف في عدد النيوترونات اسم **النظائر** (isotope).

رغم أن الذرة تكون عادة متعادلة كهربائيًا، إلا أنها قد تفقد أو تكتسب بعضًا من إلكتروناتها في بعض التفاعلات الكيميائية، أو عند اصطدامها بإلكترون أو بذرة أخرى، وينتج عن هذا الفقد أو الاكتساب ذرة مشحونة كهربائيًا تُسمَّى بالأيون، وتصبح الذرة التي فقدت إلكترونات أيونًا موجبًا كاتيون

(cation) بينما تصبح الذرة التي اكتسبت إلكترونات أيونًا سالبًا آنيــون (anion) وتُسمَّى عملية الفقد أو الاكتساب هذه بالتأين (ionization) (شكل ٣-٢).



شكل ٣-٢. انتقال إلكترون من ذرة الصوديوم (موجبة الشحنة) إلى ذرة الكلورين (سالبة الشحنة).

الجدول الدوري (Periodic Table)

تم تنظيم العناصر في مجموعات وفق صفات مشتركة لغاية سهولة دراستها، والتنبؤ بخصائصها، ومعرفة سلوكها الكيميائي. رتب مندلييف (Mendeleev) العناصر حسب ازدياد كتلتها الذرية، في صفوف أفقية تسمى دورات (periods) وعددها سبعة، وأعمدة رأسية تسمى مجموعات (groups) وعددها ثمانية (جدول ٣-١). تحتوي عناصر المجموعة الواحدة على نفس عدد الإلكترونات في مدارها الخارجي. بينما تحتوي عناصر الدورة الواحدة على نفس عدد الإلكترونات في مداراتها الرئيسة. على سبيل المثال:

- تحتوي عناصر المجموعة الأولى على إلكترون واحد فقط في مــدارها الخارجي. تتشابه هذه العناصر في كونها جميعًا فلزية، وتسمى فلــزات قلويــة لأنها تتفاعل مع الماء ولها تأثير قاعدي.

- تحتوي عناصر المجموعة الثانية على إلكترونين في مدارها الخــارجي. تتشابه هذه العناصر في أن جميعها قلويات ترابية.

جدول ٣-١. الجدول الدوري للعناصر (من ويكيبيديا الإنجليزية)Wikipedia .

هيدروجين H(1)																	هليوم He (2)
ليثيوم Li(3)	بيريليوم Be (4)											بورون B(5)	كربون C(6)	نيتروجين N(7)	أكسجين O(8)	فلور F(9)	نيون Ne(10)
صوديوم Na(11)	ماغنسيوم Mg (12)											ألومنيوم Al (13)	سيليكون Si (14)	فوسفور P(15)	كبريت S(16)	كلور Cl (17)	أرجون Ar (18)
بوتاسيوم K(19)	كالسيوم Ca (20)	سكانديوم Sc(21)	تيتانيوم Ti (22)	فاناديوم V (23)	كروميوم Cr (24)	منجنيز Mn (25)	حديد Fe (26)	كوبالت Co (27)	نيكل Ni (28)	نحاس Cu (29)	زنك Zn (30)	جاليوم Ga(31)	جيرمانيوم Ge (32)	زرنيخ As (33)	سيلينيوم Se (34)	بروم Br (35)	كربتون Kr (36)
روبيديوم Rb(37)	سترانشيوم Sr (38)	إيتريوم Y(39)	زركونيوم Zr(40)	نيوبيوم Nb (41)	موليبيدنيوم Mo(42)	تكنيتيوم Tc(43)	روثينيوم Ru (44)	روديوم Rh(45)	بلاديوم Pd (46)	فضة Ag (47)	كادميوم Cd (48)	إنديوم In (49)	قصدير Sn(50)	أنتيمون Sb(51)	تيلوريم Te(52)	يود I(53)	زينون Xe(54)
سيزيوم Cs(55)	باريوم Ba (56)	71 -57 *	هافنيوم Hf (72)	تنتالوم Ta (73)	تنجستين W(74)	رينيوم Re (75)	أوزميوم Os (76)	إريديوم Ir(77)	بلاتين Pt (78)	ذهب Au (79)	زئبق Hg (80)	ثاليوم Tl (81)	رصاص Pb (82)	بزموث Bi (83)	بولونيوم Po (84)	أستاتين At (85)	رادون Rn (86)
فرنسيوم Fr(87)	راديوم Ra(88)	103 -89 **	رذرفورديوم Rf(104)	دبنيوم Db (105)	سيبورجيوم Sg(106)	بوريوم Bh(107)	هاسيوم Hs(108)	مايتنريوم Mt(109)	دارمشتادتيوم Ds(110)	رونتجينيوم Rg(111)	أنون بيوم Uub(112)	أنون تريوم Uut(113)	أنون كواديوم Uuq(114)	أنون بينتينيوم Uup(115)	أنون هيكسينيوم Uuh(116)	أنون سيبتيوم Uus(117)	أنون أوكتيوم Uuo(118)

اللانثينيدات	لانثانوم La (57)	سيريوم Ce (58)	براسيوديميوم Pr (59)	نيوديوم Nd(60)	بروميثيوم Pm(61)	ساماريوم Sm(62)	يوروبيوم Eu(63)	جادولينيوم Gd(64)	تريبيوم Tb(65)	ديسبروسيوم Dy(66)	هولميوم Ho(67)	إيربيوم Er(68)	ثوليوم Tm(69)	إيتربيوم Yb(70)	لوتيتيوم Lu(71)
الأكتينيدات	أكتينيوم Ac(89)	ثوريوم Th(90)	بروتكتينيوم Pa (91)	يورانيوم U(92)	نبتونيوم Np(93)	بلوتونيوم Pu(94)	أمريكيوم Am(95)	كوريوم Cm(96)	بركليوم Bk(97)	كاليفورنيوم Cf(98)	أينشتينيوم Es(99)	فرميوم Fm(100)	مندليفيوم Md(101)	نوبيليم No(102)	لورنسيوم Lr(103)

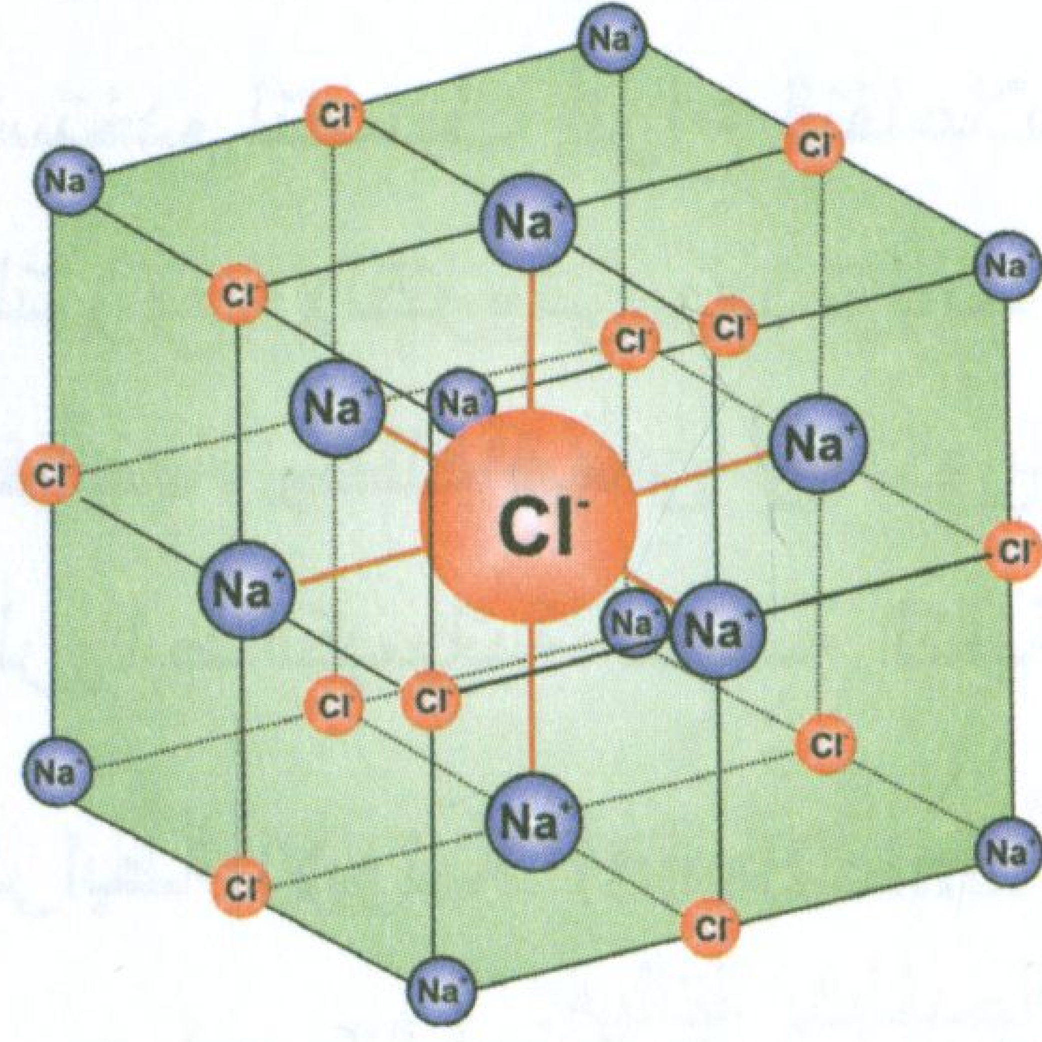
البناء الذري للمعادن (Atomic Structure of Minerals)

نقصد بالبناء الذري للمعدن، المعلومات الرئيسة الثلاثة التالية:

- الترتيب الهندسي الفراغي.
- تعبئة الذرات والأيونات.
- الروابط الكيميائية.

الترتيب الهندسي الفراغي (Space Geometric Arrangement)

هو ترتيب للذرات والأيونات بمعدن ما تبعًا لنظام هندسي يخضع لعناصر تماثلية معينة داخل بلورته. يتضح ذلك من شكل ٣-٣ والذي يبين الترتيب الفراغي لأيونات الصوديوم والكلورين في الهاليت وهو من النوع المكعبي، حيث يحاط كل أيون للكلورين بستة أيونات للصوديوم في هيئة ثماني الأوجه.



شكل ٣-٣. الترتيب الفراغي لأيونات الصوديوم والكلورين في الهاليت.

تعبئة الذرات والأيونات (Packing of Atoms and Ions)

يقصد بتعبئة الذرات والأيونات هو عملية تراص للأيونات والذرات بحيث تكون متماسة مع بعضها حتى تصل إلى الترتيب المستقر لهذه الأيونات أو الذرات. ورغم ذلك فقد ينشأ عن هذا الترتيب بعض التجاويف (holes) ذات أنصاف أقطار معينة تسمح بدخول بعض الأيونات الأخرى والتي يتناسب حجمها مع حجم التجويف الموجود، مما يساعد على تماسك البنية البلورية للمعدن بشكل عام.

الروابط الكيميائية (Chemical Bonds)

الترابط الكيميائي هو تواجد الذرات متماسكة معًا في الجزيء أو البلـــورة. وجميع الروابط الكيميائية ترجع إلى اتحاد ذرات عنــصرين أو أكثـــر لتكّـــون مركبًا. تميل جميع العناصر (فيما عدا العناصر الخاملة) إلـــى اســتكمال عـــدد الإلكترونات في مدارها الخارجي (أي ٨ إلكترونات) وذلك بأن تحصل على أو تفقد أو تشترك ببعض إلكتروناتها مع واحدة أو أكثر من الذرات. ونتيجة لـــذلك تنشـــأ قوى كهربائية تربط الذرات ببعضها. وتسمي الإلكترونات التـــي تـــربط الذرات ببعضها بالإلكترونات التكافؤ. وهناك ٥ أنواع مختلفة من الترابط الكيميائي تستخدم لتصنيف أنواع التفاعلات الذرية. وهذه التصنيفات يتم تعريفها بواســطة التوزيع الإلكتروني ومستويات الطاقة. وللروابط الفعليـــة خـــصائص يـــصعب تفريقها، ولذلك فيمكن أن تكون هناك رابطة تشتمل على نـــوعين مـــن أنـــواع الروابط الكيميائية الخمسة التالية:

الرابطة الأيونية (Ionic Bond)

١- تنشأ بين ذرتين بحيث ينتقل إلكترون تكافؤ أو أكثر من ذرة إلى أخرى.

٢- تصبح إحدى الذرات مستقرة بالاستغناء عن إلكتروناتها التكافؤية بينما تستعملها الذرة الأخرى لاستكمال مدارها الخارجي.

٣- تحدث الرابطة الأيونية عادةً بين الفلزات (ذات طاقة التأين المنخفضة والتي تميل لفقدان الإلكترونات) واللافلزات (ذات الألفة الإلكترونية المرتفعة والتي تميل لاكتساب الإلكترونات).

٤- تتصف المعادن ذات الرابطة الأيونية بالصفات التالية:

- توجد في الحالة الصلبة ذات الكثافة العالية.
- ذات درجات انصهار وغليان مرتفعة.

- غير قادرة على التوصيل الكهربائي في الحالة الصلبة نظرًا لارتباط أيوناتها وعدم قدرتها على الحركة، بينما تصبح موصلة للكهرباء عند صهرها أو إذابتها في الماء (الأيونات حرة الحركة في المصهور وفي المحلول المائي).

مثال: الترابط الأيوني بين الصوديوم والكلورين ليكونا كلوريد الصوديوم (شكل ٣-٢)، حيث يفقد الصوديوم إلكترون واحد من مستوى تكافؤه ليصبح أيون موجب، بينما تكتسب ذرة الكلورين إلكترون كي تصبح أيون سالب.

الرابطة التساهمية (Covalent Bond)

١- مساهمة زوج أو أكثر من الإلكترونات بين الذرات.

٢- تميل الذرات للمساهمة أو المشاركة بإلكتروناتها بالطريقة التى تجعل غلافها الإلكتروني ممتليء.

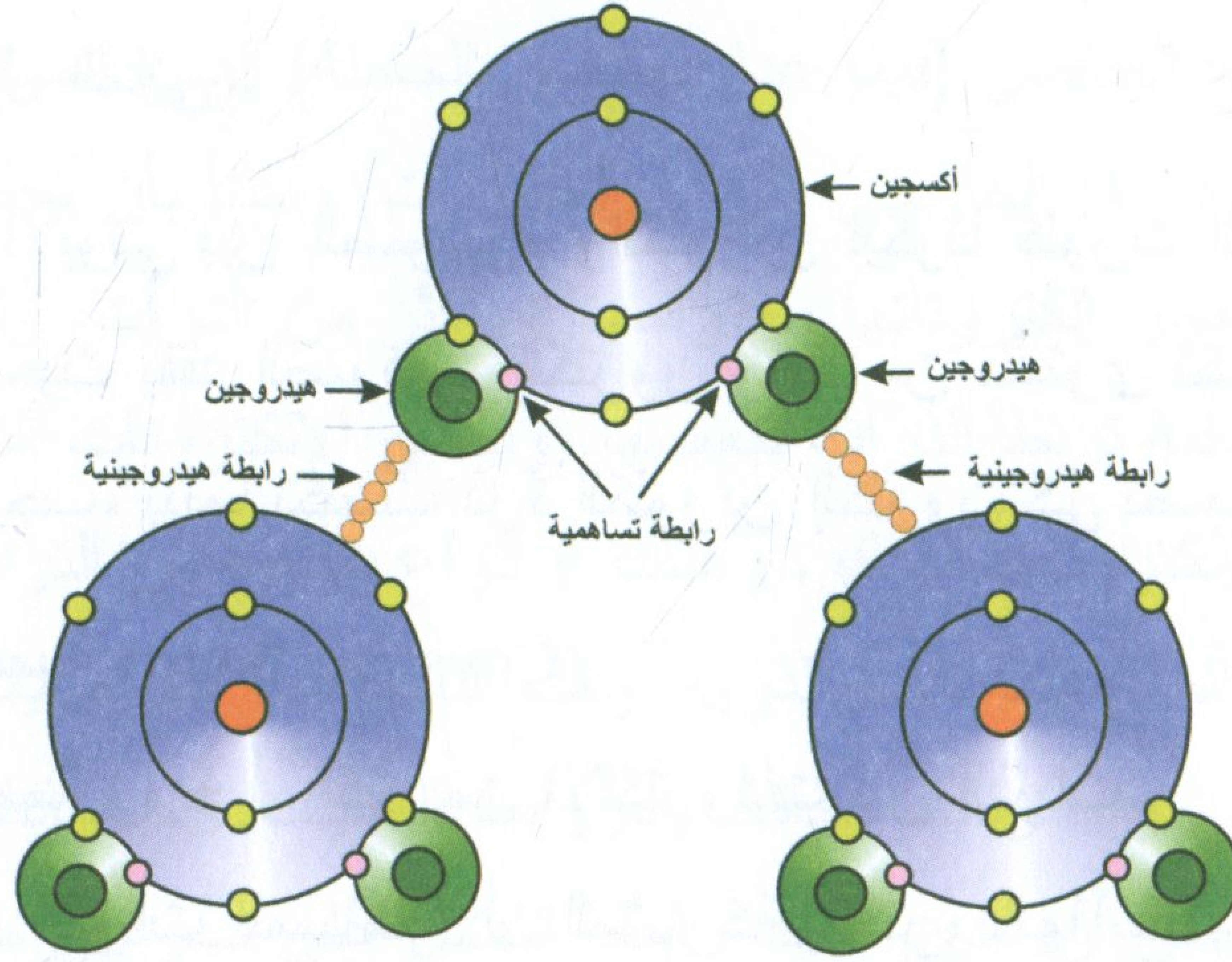
٣- تماثل الرابطة الأيونية في القوة وأحيانا تكون أقوى منها.

٤- تتصف المعادن ذات الرابطة التساهمية بالصفات التالية:

- غير قابلة للذوبان بصفة عامة.
- مستقرة وذات درجة انصهار وغليان عالية جدًا.
- لا تعطي هذه المعادن أية أيونات في المحاليل التي تكونها، وعلى ذلك فهي مواد رديئة التوصيل للكهرباء في الحالتين السائلة والصلبة.

مثال: تحتوي ذرة الهيدروجين على إلكترون واحد، وهو يحتاج إلى اثنين لكي يكون مستقرًا. بينما تحتوي ذرة الأكسجين على ستة إلكترونات بمدارها الخارجي، وتحتاج إلى إلكترونين لكي تكون مستقرة. لذلك ترتبط ذرتي هيدروجين بذرة أكسجين واحدة ليكونا جزئ الماء (شكل ٣-٤)، حيث

تساهم الثلاث ذرات بإلكتروناتها وبذلك تمتلك كل ذرة من الـــثلاث ذرات إطارًا إلكترونيًا ثابتًا لبعض الوقت.



شكل ٣-٤. الرابطة التساهمية والهيدروجينية فى الماء.

الرابطة الفلزية (Metallic Bond)

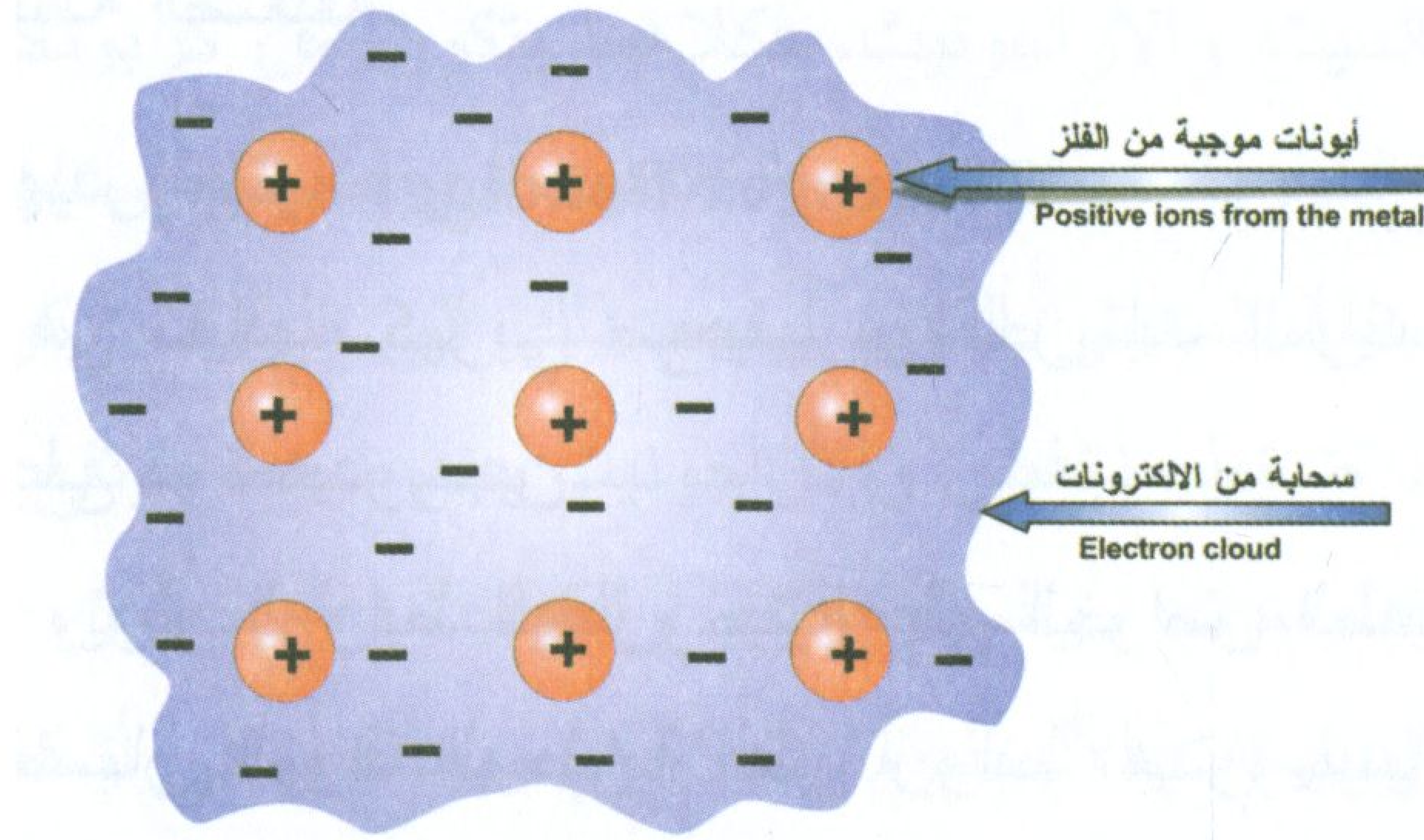
١- تربط ذرات الفلزات.

٢- تحاط نواة ذرة الفلز بسحابة من الإلكترونات الحرة الانتقال في البناء الذري للفلز دون أن تسبب إخلالاً لميكانيكية الروابط (شكل ٣-٥).

٣- تتصف المعادن ذات الرابطة الفلزية بالصفات التالية:

- تعتبر رابطة ضعيفة إذا ما قورنت بالروابط الأيونية والتساهمية وأيضًا أقل انتشارًا عنهما.
- التوصيل الجيد للكهرباء والحرارة.
- القابلية للطرق والسحب وسهولة التشكيل ويرجع ذلك إلى حركة الإلكترونات الحرة بين الذرات وانتقالها من القطب السالب إلى الموجب.

مثال: ترتبط ذرات فلز الحديد في البيريت (FeS_2) والرصاص في الجالينا (PbS) بروابط فلزية، بينما ترتبط هذه الفلزات مع الكبريت برابطة أيونية وترتبط ذرات الكبريت مع بعضها برابطة تساهمية.



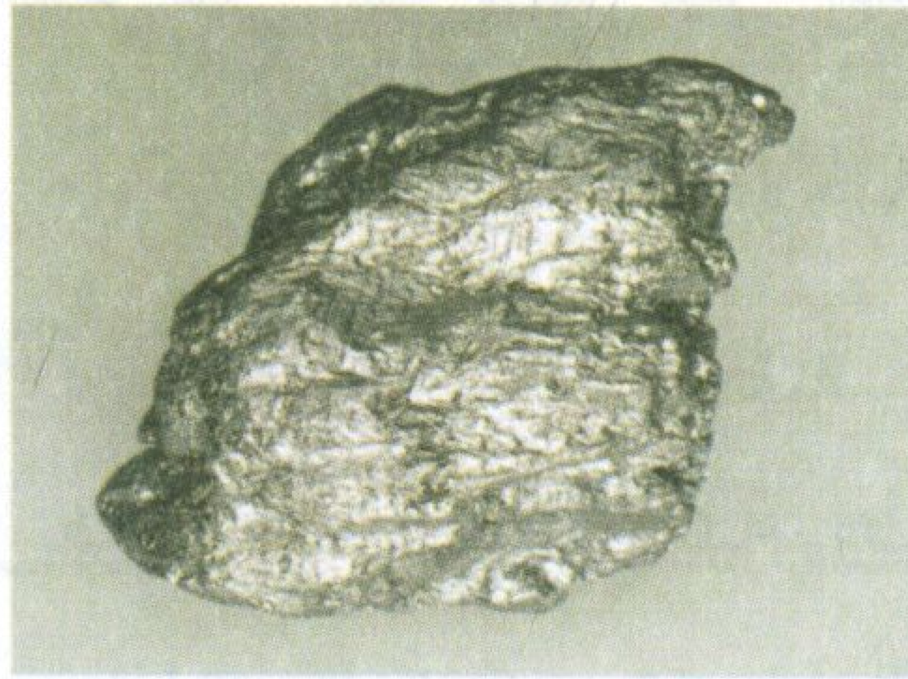
شكل ٣-٥. الرابطة الفلزية حيث تحاط أيونات الفلز بسحابة من الإلكترونات.

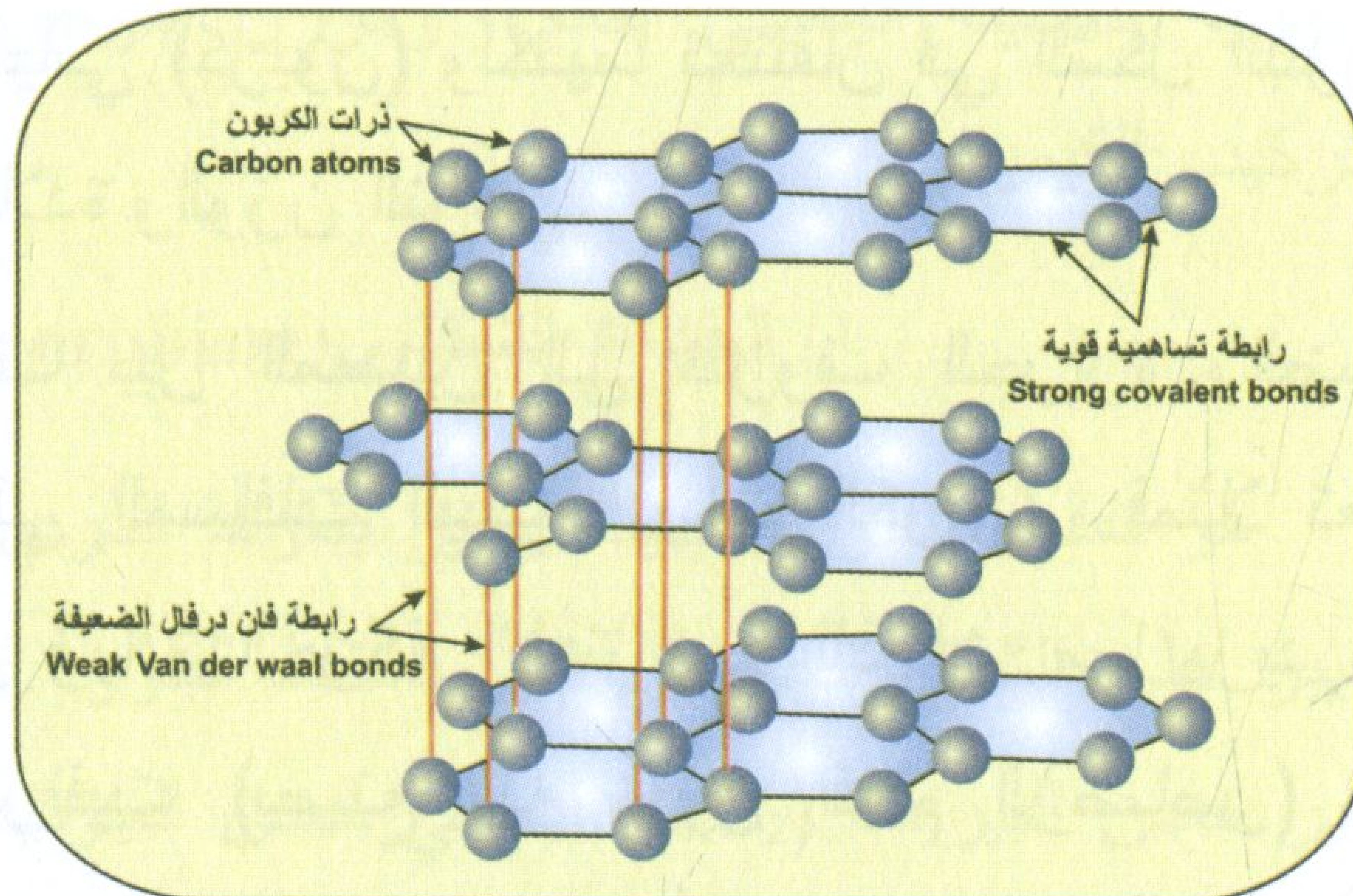
رابطة فان درفال (Van der waal Force)

١- هي قوى إلكتروستاتيكية ضعيفة تربط صفائح جزيئات المركبات التساهمية.

٢- تنشأ من تجاذب أنوية الذرات في جزيء معين مع إلكترونات التكافؤ في جزيء مجاور.

٣- تتصف بأنها روابط ضعيفة.





شكل ٣-٦. الرابطة التساهمية وفان درفال بين ذرات الكربون للجرافيت.

مثال: ترتبط ذرات صفائح الجرافيت ببعضها البعض عن طريق الرابطة التساهمية القوية، بينما ترتبط تلك الصفائح رأسيًا برابطة فان درفال الضعيفة (شكل ٣-٦). لاحظ سهولة انفصام المعدن من خلال تلك الرابطة الضعيفة.

الرابطة الهيدروجينية (Hydrogen Bonding)

١- هي تجاذب كهربي ضعيف بين جزيئات المركب التساهمي القطبي المحتوي على ذرة هيدروجين.

٢- وتؤثر الروابط الهيدروجينية على الخواص الطبيعية للمادة، فدرجات غليان وانصهار المواد المحتوية على روابط هيدروجينية أعلى من درجات غليان وانصهار مثيلاتها من المواد الأخرى.

مثال: ارتباط جزيئات الماء بروابط هيدروجينية مما يكسبها صفات حرارية وإذابية أفضل من المركبات الأخرى.

التعدد الشكلي (Polymorphism)

١- أكثر من مادة لها نفس التركيب الكيميائي ولكنها تختلف في بنائها الذري وشكلها البلوري.

٢- يعد معدني الألماس والجرافيت من أمثلة المعادن ذات التعدد الشكلي حيث لهما نفس التركيب الكيميائي (كربون) ولكنهما تختلفان في الشكل البلوري والخواص الفيزيائية مثل الصلادة والوزن النوعي.

٣- يرجع هذا الاختلاف بين المعدنين إلى ظروف الحرارة والضغط والتي تؤثر بدرجة كبيرة على المسافات البينية لذرات الكربون. فمثلاً تعمل درجات الحرارة العالية على زيادة الحركة الاهتزازية للذرات مما يزيد تلك المسافات البينية. يتكون الجرافيت (يصنع منه سنون أقلام الرصاص) عند درجات الحرارة والضغط المنخفضين بينما يتكون الألماس عند الدرجات العالية

من الحرارة والضغط (حوالي ١٥٠٠ °م وضغط حوالي ٥٠ كيلو بار، وعمق حوالي ١٧٠ كم).

٤- ومن الأمثلة الأخرى للتعدد الشكلي:

- معدني الكالسيت والأراجونيت، فكلاهما يتكون من كربونات الكالسيوم ويختلفا في بنيتهما البلورية حيث يتبلور الكالسيت في فصيلة السداسي، ويتبلور الأراجونيت في فصيلة المعينى القائم. يرجع ذلك إلى ظروف تكونهما، حيث يتكون الكالسيت عند ضغط منخفض والأراجونيت عند ضغط مرتفع.
- معادن الأندلوسيت، والسيليمنيت، والكيانيت، ويحملون أيضًا نفس التركيب الكيميائي (سيليكات الألومنيوم Al_2SiO_5) ويختلفون في أشكالهم البلورية تبعًا لظروف الحرارة والضغط.

التشابه الشكلي (Isomorphism)

١- مواد مختلفة في التركيب الكيميائي ومتشابهة في الشكل البلوري.

٢- تتشابه هذه المواد في خواصها الفيزيائية والكيميائية وكذلك البلورية وبنائها الذري.

٣- مثال ذلك، تشابه معادن الكربونات مثل الأراجونيت ($CaCO_3$) والسترونشيانيت ($SrCO_3$)، والويذيريت ($BaCO_3$)، إلى حد كبير في خواصهم البلورية (فصيلة المعيني القائم)، والوزن النوعي واختلافهم كما هو واضح في التركيب الكيميائي.

الخداع الشكلي (Psudomorphism)

هو تعديل للبلورة بحيث يتغير بناؤها الذري الداخلي دون أن يطرأ أي تغيير على الشكل الخارجي (أي تحتفظ البلورة بشكلها الخارجي). مثال ذلك، تغير معدن البيريت (FeS_2) ليعطي معدن الجوتيت (أكسيد حديد مائى)، الذي لا يزال يحتفظ بالشكل المكعبي الخارجي المميز للبيريت.

الخواص الفيزيائية للمعادن (Physical Properties of Minerals)

قبل أن نخوض في كيفية التعرف على المعادن عن طريق صفاتها الفيزيائية، فإنه من المهم أولاً أن نتعرف على المعنى المقصود بكلمة معدن (mineral). فقد تم الاتفاق بين علماء علم المعادن على أن لفظ "معدن" يطلق على أي مادة يتوفر فيها الصفات التالية:

- أن تكون قد تكونت بفعل عوامل طبيعية.
- أن تكون مادة غير عضوية، وصلبة.
- أن يكون لها بناءً ذريًا منظمًا، وتركيبًا كيميائيًا محددًا.

يوضح الجدول التالي أمثلة لبعض المواد التي يطلق عليها لفظ معدن والأخرى التي لا يطلق عليها مع توضيح سبب ذلك.

المادة	معدن أم لا؟	السبب
الحديد الصلب steel	لا	مادة مخلقة (ليست طبيعية)
البلاستيك plastic	لا	مادة مخلقة (ليست طبيعية)، وليست صلبة، وليس لها بنية بلورية منظمة أو تركيب كيميائي محدد.
السكر sugar	لا	مادة مخلقة (ليست طبيعية)، وليس لها بنية بلورية منظمة.
الورق paper	لا	مادة مخلقة (ليست طبيعية)، وليس لها بنية بلورية منظمة أو تركيب كيميائي محدد.
الزئبق mercury	لا	مادة سائلة، وليس لها بنية بلورية منظمة.
الطباشير chalk	لا	مادة عضوية
البازلت basalt	لا	صخر من مجموعة معادن (أي ليس له بنية بلورية منظمة)
الفحم coal	لا	مادة عضوية
الأوبسيديان obsidian	لا	مادة ليس لها بنية بلورية منظمة
الشعب المرجانية coral	لا	مادة عضوية
الميكا mica	نعم	مواد تكونت بفعل عوامل طبيعية، غير عضوية، صلبة، لها بناءً ذريًا منظمًا، ولها تركيبًا كيميائيًا محددًا.
الذهب gold	نعم	
ملح الطعام table salt	نعم	
الثلج ice	نعم	

رغم أن هناك العديد من الوسائل المتقدمة للتعرف على المعادن (يزيد عددها عن ٤٠٠٠ معدن)، إلا أن الخواص الفزيائية للمعادن ما زالت تلعب دورًا هامًا في التعرف عليها بشكل مباشر وبأقل تكلفة. سنستعرض في الفقرات التالية أهم الخواص الفزيائية للمعادن.

الخواص البصرية (Optical Properties)

اللون (Color)

ينتج لون المعدن عن طول الموجة أو الموجات الضوئية التي تنعكس منه وتؤثر على شبكية العين لتعطي الإحساس باللون (شكل ٣-٧).



اللون الأحمر المميز للريالجار AsS



اللون البنفسجي المميز للفلوريت



اللون الأسود المميز لمعدن الجرافيت



اللون الأصفر الذهبي المميز للبيريت

شكل ٣-٧. أمثلة للألوان المميزة لبعض المعادن.

البريق (Luster)

وهو عبارة عن المنظر الذي يبديه سطح المعدن في الضوء المنعكس، وينقسم البريق إلى نوعين:

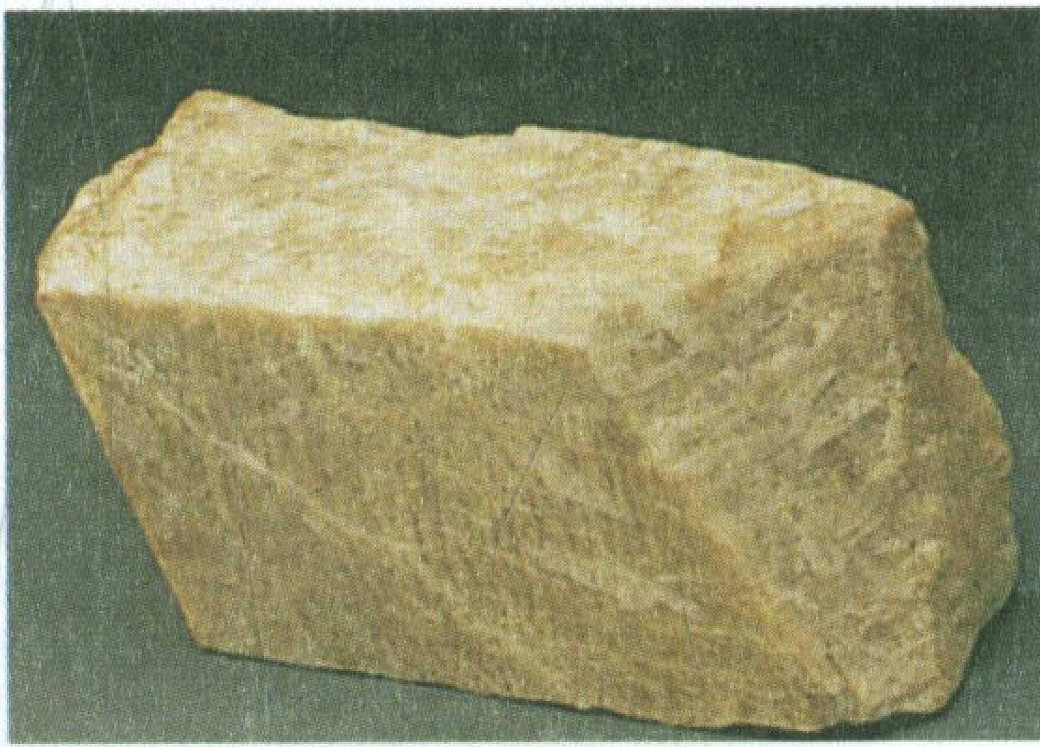
١- بريق فلزي (metallic luster): مثل البيريت والجالينا والتي تتميز باللون المعتم والوزن النوعي العالي (شكل ٣-٨أ).

٢- بريق لا فلزي: معادن فاتحة اللون وتسمح بمرور الضوء (شكل ٣-٨ ب). يشمل البريق اللافلزي على الأنواع التالية:

- بريق زجاجي(glassy): مثل الزجاج والكوارتز
- بريق ماسي (adamantine): مثل بريق الألماس
- بريق راتنجي (resinous): مثل الكهرمان والكبريت والسفاليريت
- بريق لؤلؤي (pearly): مثل بريق التلك (talc)
- بريق حريري (silky): مثل ساتنسبار (satinspar) وهو أحد أنواع الجبس
- بريق أرضي أو مطفي (earthy or dull): مثل معدن الكاولين (معدن طيني)



(أ) جالينا



(ب) ارثوكليز

شكل ٣-٨. أمثلة للبريق المميز لبعض المعادن.

عرض الألوان (Play of Colors)

هو تغير لون المعدن نتيجة تغير زاوية سقوط الضوء عليه. مثال الألماس والأوبال ($SiO_2.nH_2O$)، وتسمي بخاصية اللألأة، والنحاس الذي يظهر تغير

ألوان على سطحه نتيجة تحلل المعدن، وتسمي هذه الخاصية بالتصدؤ، ومعدن الساتنسبار (satinspar) الذي يظهر بريقًا حريريًا متموج ويتغير باختلاف اتجاه البصر وتسمى هذه الخاصية باسم عين الهر. تتوقف هذه الخاصية على قدرة المعدن على نشر الضوء وتفريقه أو نتيجة لانعكاس الضوء من أسطح بعض المكتنفات داخل المعدن.

التضوء(Luminescence)

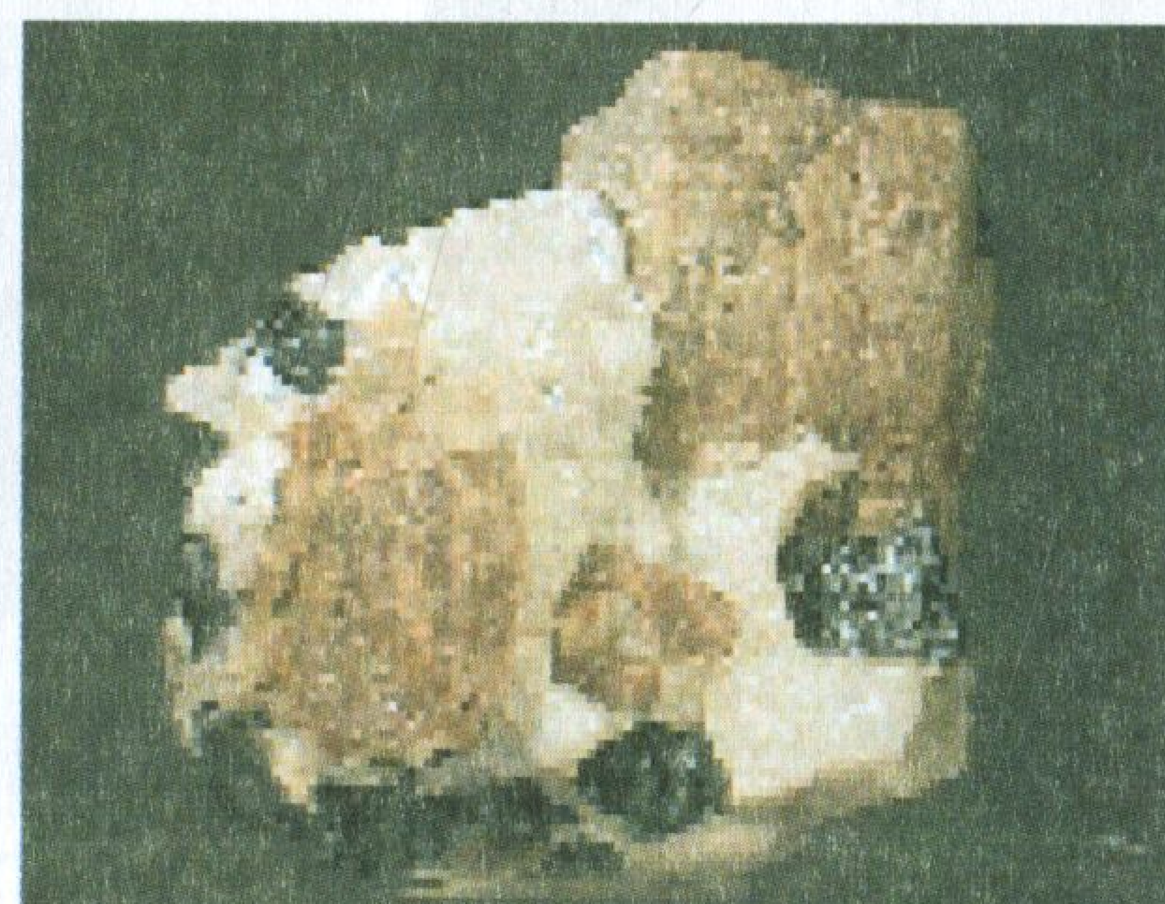
هو أن يعطي المعدن ضوءًا عندما يتعرض لمصدر حراري أو أشعة فوق بنفسجية، أو أشعة سينية، أو إلى طاقة احتكاكية أو كهربائية... إلخ. ويختلف لون التضوء عن اللون الأصلي للمعدن، وألوان التضوء دائما تكون باهرة



الشكل الطبيعى لمعدن الفلوريت



معدن الفلوريت تحت الأشعة الفوق بنفسجية UV



الشكل الطبيعى لمعدن الويلليميت



معدن الويلليميت تحت الأشعة الفوق بنفسجية UV

شكل ٣-٩. تأثير الأشعة فوق البنفسجية على كل من الفلوريت والويلليميت.

http://www.geocities.com/Fatin_Sham/minirals.htm

وساطعة. ومن أمثلة ذلك معدن الكالسيت الذي يعطي لونًا أحمـرًا، والفلوريت الذي يعطي لونًا بنفسجيًا، والويلليميت (Zn_2SiO_4) الذي يعطي لونًا أخضرًا عند تعرضهم للأشعة فوق البنفسجية (شكل ٣-٩). تسمى هذه الظاهرة **بالتفلر** (fluorescence)، إذا أعطى المعدن ألوان التضوء أثناء التعرض للمؤثر فقط. وتسمى هذه الظاهره **بالتفسفر** (phosphorescence)، إذا استمرت ألوان التضوء بعد زوال المؤثر.

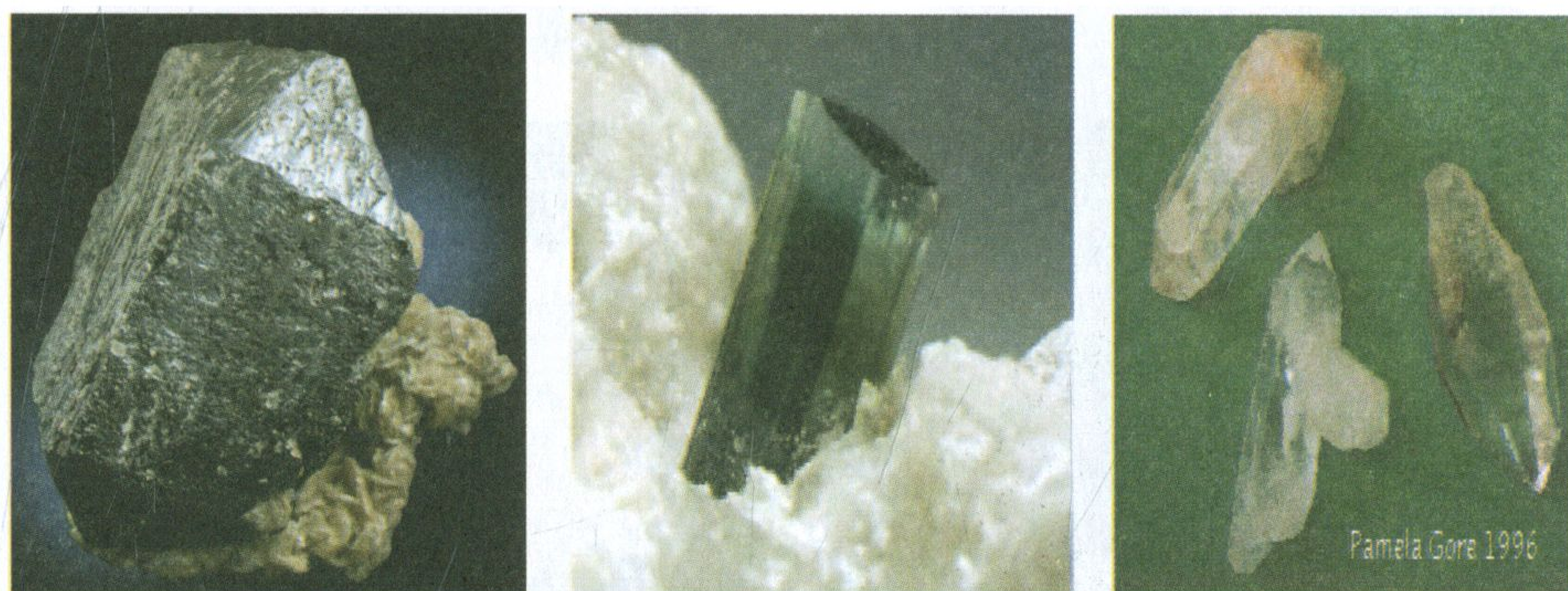
الشفافية (Transparency)

هي قدرة المعدن على إنفاذ الضوء. وتصنف المعادن حسب نفاذيتها للضوء إلى:

أ- معادن شفافة (transparent)، حيث نرى الأجسام من خلالها بوضوح.

ب- معادن نصف شفافة (translucent)، حيث نرى الأجسام من خلالها غير واضحة (شكل ٣-١٠).

ج- معادن معتمة (opaque)، لا تسمح بنفاذ الضوء مثل البيريت، والجالينا، والجرافيت (شكل ٣-١٠).



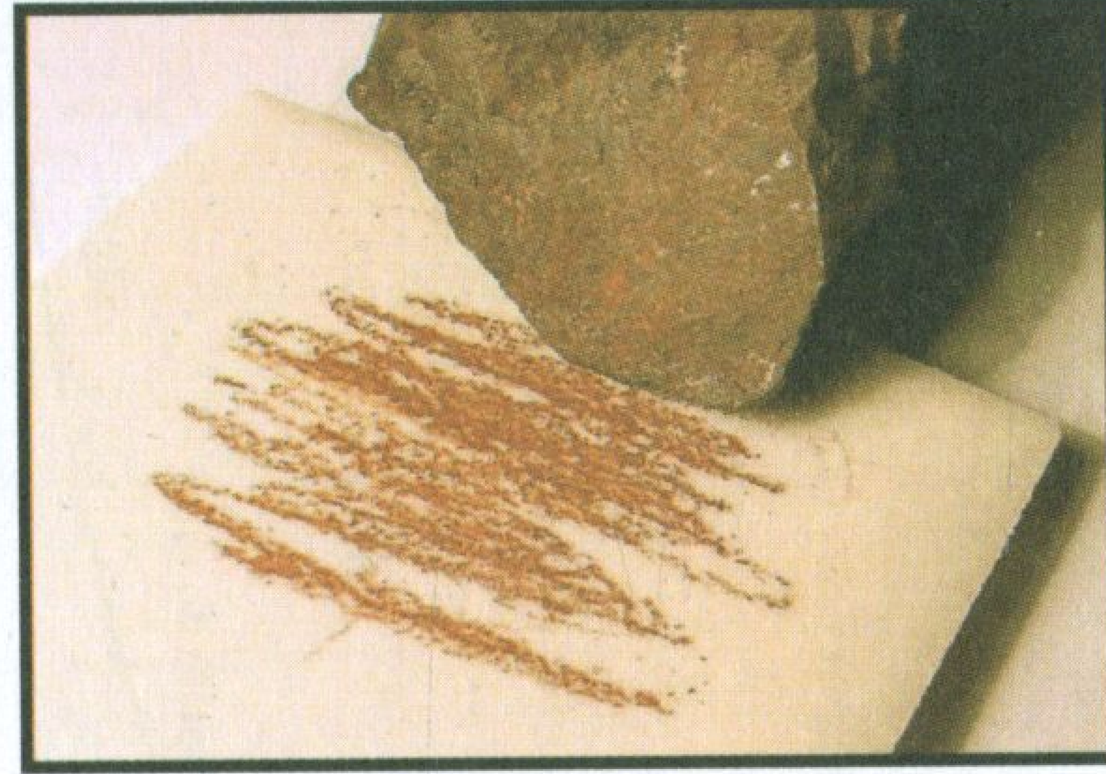
شفاف- كوارتز　　نصف شفاف- تورمالين　　معتم- كاسيتيريت

شكل ٣-١٠. الأنواع المختلفة من الشفافية.

http://gpc.edu/~pgore/geology/physical_lecture/mineral.html#Definitions

المخدش (Streak)

المخدش هو المسحوق الناعم الناتج من خدش المعدن بواسطة الحك على لوح من الخزف الأبيض، ويعرف باسم لوح المخدش (streak plate) (شكل ٣-١١) وليس من الضروري أن يكون لون المسحوق الناتج من الخدش من نفس لون المعدن، فمثلاً معدن البيريت لونه كالنحاس الأصفر، ولكن مخدشه أسود، والكروميت (chromite, $FeCr_3O_4$) لونه أسود، ومخدشه بني.



شكل ٣-١١. مخدش أحمر اللون لمعدن الهيماتيت.

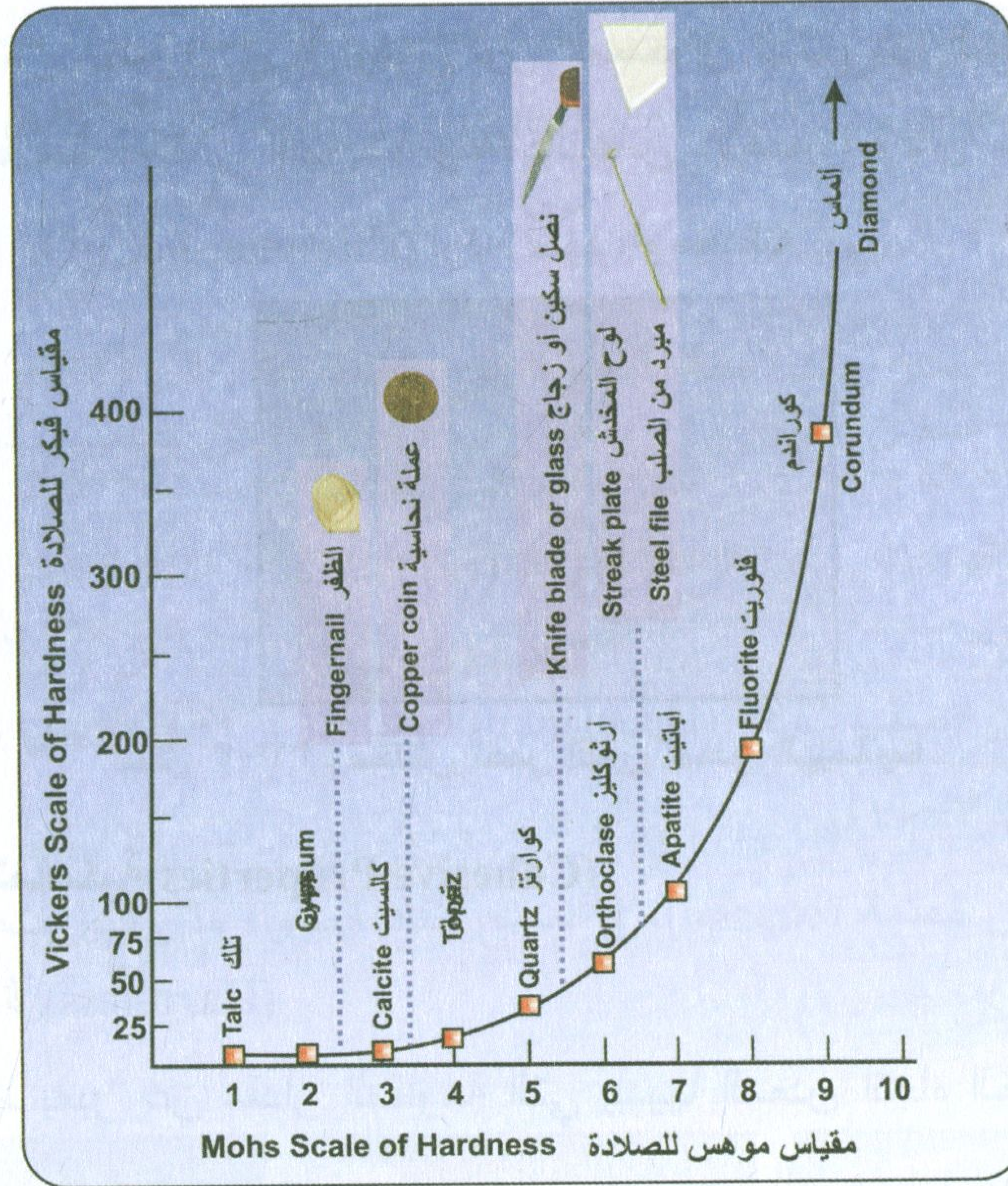
الخواص التماسكية(Cohesive Properties)

(١) الصلادة (Hardness)

هو لفظ يعبر عن مقدار المقاومة التي يبديها المعدن اتجاه الخدش والتآكل. وهناك مقياس للصلادة معروف باسم مقياس موهس للصلادة (Mohs scale of hardness)، والذي يحتوي على عشرة معادن، تبتدئ بأقل المعادن صلادة وهو التلك، وتنتهي بأكثر المعادن صلادة وهو الألماس. ويمكن تعيين صلادة أي معدن تعيينا نسبيًا، وذلك بمقدار صلادة المعادن في مقياس موهس. وتوجد طرق أخرى من مقاييس الصلادة، ومن أهمها مقياس فيكّر للصلادة (Vickers Hardness Number, VHN) (شكل ٣-١٢).

مثال: عند بائعي المجوهرات يستعملون المبرد الصلب للتفريق بين الأحجار الكريمة الحقيقية، وتلك المقلدة. فإذا خدش المبرد الحجر الكريم، فهو مقلد

وليس أصلي، وذلك لأن صلادته أقل من ٧، بينما أغلبية الأحجار الكريمة لها صلادة أعلى من ذلك.



شكل ٣-١٢. المقارنة ما بين مقياسي موهس وفيكّر للصلادة. كما يوضح الرسم قيم الصلادة لبعض المعادن التي تساعد على تحديد الصلادة النسبية للمعادن.

الانفصام (Cleavage)

١- الانفصام هو تشقق المعدن بسهولة في اتجاهات معينة، تبعًا لترتيب ذراته ببنيته البلورية.

٢- ينتج عن الانفصام سطوحًا جديدة تعرف باسم مستويات الانفصام (cleavage planes).

٣- تعتمد مستويات الانفصام على نوعية الروابط الكيميائية التي ترتبط بها ذراتها، مثال ذلك، معادن الميكا والجرافيت، والتي ترتبط مع بعضها بروابط فان درفال الضعيفة، مما يسهل انفصام المعدن من خلال هذه الروابط.

٤- يوصف الانفصام تبعًا لسهولة حدوثه واكتماله بالصفات التالية: كامل الانفصام(perfect)، واضح أو جيد (good)، غير كامل (imperfect)، صعب أو ضعيف (difficult or poor).

٥- كما يوصف الانفصام تبعًا لاتجاهه البلوري فمثلا الجالينا والهاليت لهما انفصام مكعبي { ١٠٠}، أي موازي للأوجه المكعبية.

٦- في بعض الأحيان يمثل مستوى الانفصام وجهًا بلوريًا معينًا، ولكن ليس بالضرورة أن يمثل كل وجه بلوري مستوى انفصام، فمثلاً الكوارتز يكوّن بلورات، ولكن ينقصه مستويات انفصام.

٧- قد يكون الانفصام في اتجاه واحد، أو اتجاهين، أو ثلاثة أو أربعة اتجاهات.

الانفصال(Parting)

هو مستويات ضعف مثل الانفصام، إلا أنه لا يعتمد على البناء الذري الداخلي للمعدن مثل الانفصام، بل يعتمد في تكونه على عوامل أخرى مثل الضغط، أو التوأمية، مثال ذلك: الانفصال القاعدي (basal) في معدن البيروكسين، والانفصال ثماني الأوجه (octahedral) في الماجنيتيت. يوصف الانفصال عادةً على أنه غير منتظم (irregular)، أو محاري (conchoidal).

المكسر(Fracture)

يعرف المكسر بأنه نوع السطح الناتج عن كسر المعدن في مستوى غير مستوى الانفصام. و يوصف المكسر على أنه:

- محاري (conchoidal)، عندما يشبه السطح المكسور شكل المحارة (shell) ومن أمثلته مكسر الكوارتز.
- خشن (uneven)، عندما يكون السطح الناتج غير منتظم، وهو منتشر بين كثير من المعادن مثل البيريت، والباريت.
- مستوي (even)، عندما يكون المكسر أملسًا تقريبًا.
- ترابي (earthy)، سطح غير منتظم، يميز المعادن الترابية، مثل الكاولينيت ومعادن البوكسيت.
- مسنن (hackly)، عندما يكون السطح الناتج عن الكسر ذا أسنان حادة مدببة، مثل مكسر قطعة من النحاس.

التماسك (Tenacity)

هي المقاومة التي يبديها المعدن نحو الطرق والطحن والانثناء، وتستخدم الألفاظ التالية عند وصف تماسك المعدن:

- قابل للكسر (brittle): أي أنه ينكسر بسهولة إلى مسحوق مثل البيريت.
- قابل للطرق (malleable): أي أنه يمكن طرقه إلى صفائح رقيقة، مثل الذهب والنحاس والفضة.
- قابل للسحب (ductile): عندما يمكن سحب المعدن إلى أسلاك، مثل الذهب والنحاس والفضة.
- قابل للقطع (sectile): عندما يمكن قطع المعدن إلى قشور، مما يسهل طحنها مثل الجبس.
- قابل للانثناء (flexible): عنما يمكن ثني قشور المعدن بالضغط، وفي هذه الحالة لا يعود إلى شكله الأصلي إذا زال الضغط، مثل الكلوريت والمولبدينيت والجرافيت.

• مرن (elastic): عندما يمكن ثني قشور المعدن بالضغط، ولكن بمجرد زوال الضغط يستعيد المعدن شكله الأصلي، مثل البيوتيت، والمسكوفيت.

الخواص الكهربائيّة والمغنطيسية(Electric and Magnetic Properties)

الكهربائية الحرارية (Pyroelectricity)

هي الخاصية التي بموجبها تتكون شحنات كهربائيّة على الأطراف المختلفة لبلورة المعدن نتيجة لتسخينه. مثال: بلورة معدن التورمالين التي لها طرفان أحدهما حاد الزاوية، وآخر منفرج الزاوية، فاذا سُخنت البلورة فإنه يتولد عند الطرف الحاد شحنات كهربائية موجبة، بينما يتولد عند الطرف المنفرج الزاوية شحنات كهربائيّة سالبة.

الكهربائيّة الضغطية (Piezoelectricity)

وهي الخاصية التي بموجبها تتكون على أطراف المعدن شحنات كهربائيّة نتيجة لضغطه. وتتركز الشحنات الكهربائيّة على الأطراف المختلفة للمحاور البلورية. ومن الأمثال الهامة لهذه الخاصية معدن الكوارتز الذي يستعمل في أجهزة الراديو والإرسال اللاسلكي للتحكم في التردد (frequency).

المغنطيسية (Magnetism)

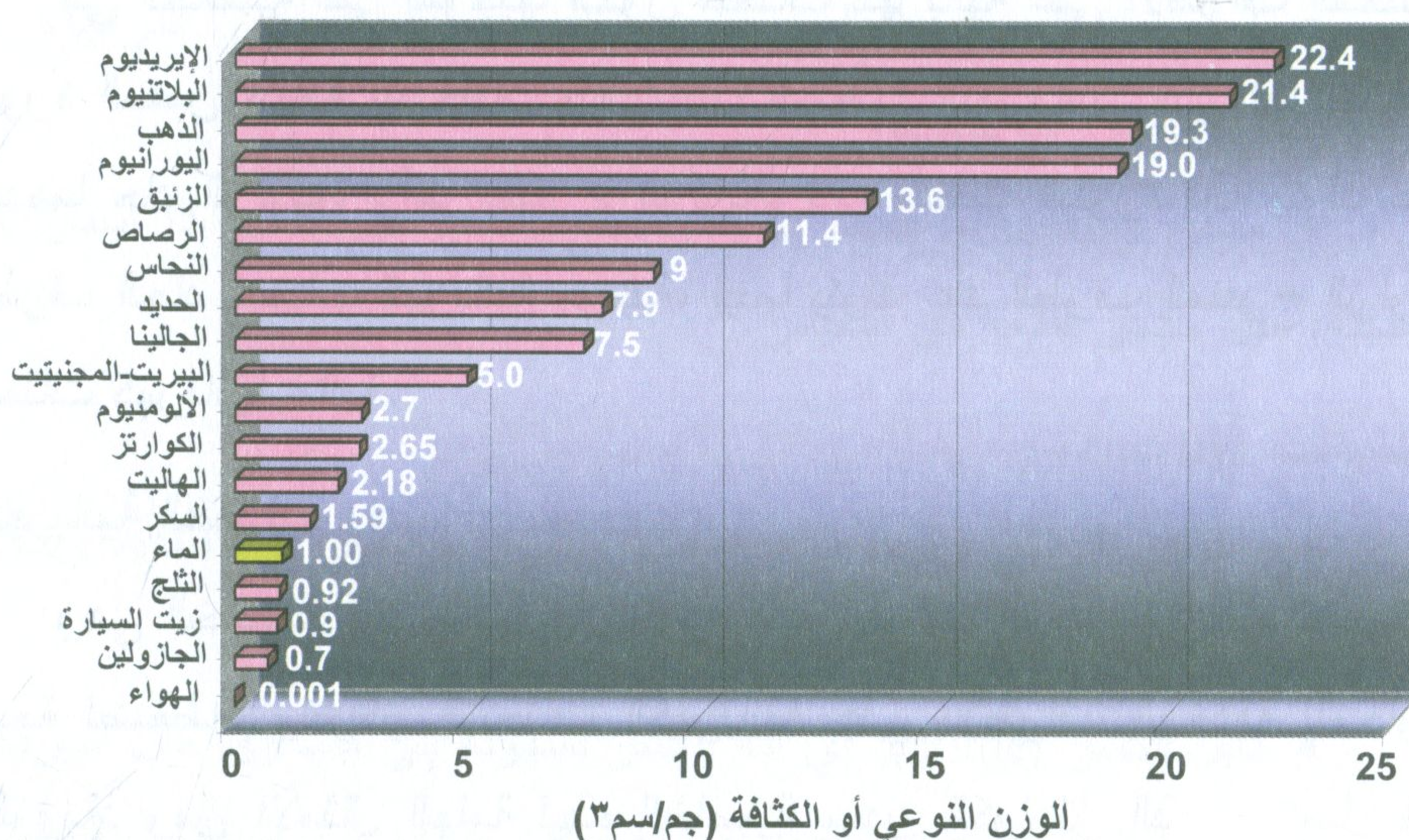
تنقسم المعادن من حيث قابليتها للانجذاب للمغنطيس الكهربائي إلى:

أ- معادن بارا مغنطيسية (paramagnetic)، حيث تنجذب إلى المغنطيس الكهربائي مثل معدن المجنيتيت.

ب- معادن ديا مغنطيسية (diamagnetic)، حيث تنفر من المغنطيس الكهربائي مثل معدن الكوارتز والكالسيت. ولهذه الخاصية قيمتها وأهميتها عند فصل خامات المعادن وتركيزها.

الوزن النوعي أو الكثافة (Specific Gravity or Density)

الوزن النوعي للمعدن عبارة عن نسبة وزن المعدن إلى وزن حجم مساو له من الماء عند درجة حرارة ٤ درجة مئوية، ويمكن اعتباره أيضًا الوزن على وحدة الحجم (جم/سم٣). يوضح شكل (٥-١٣) أمثلة للوزن النوعي لبعض المواد نسبة إلى الوزن النوعي للماء (=١).



شكل ٣-١٣. أمثلة للوزن النوعي لبعض المواد نسبةً إلى الوزن النوعي للماء.

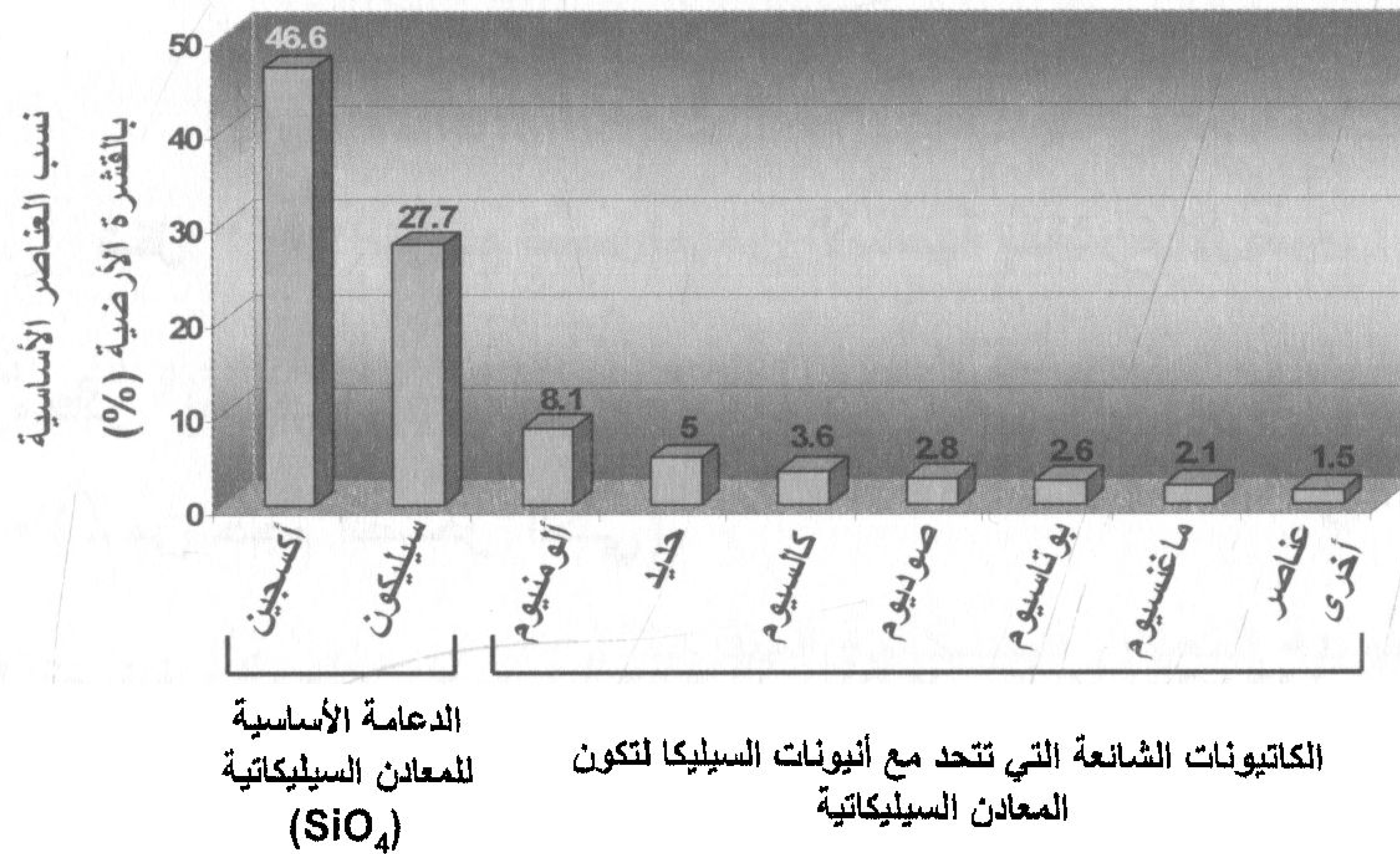
خواص فيزيائية أخرى (Other Physical Properties)

مثل المذاق، والرائحة، واللمس وهذه الخواص مميزة في كثير من الحالات وتساعد على التعرف على المعدن، أمثلة ذلك:

- المذاق المالح لمعدن الهاليت.
- الرائحة الكبريتية الناتجة من حك معدن البيريت أو التسخين.
- رائحة الثوم عند تسخين معدن الأرسينوبيريت (arsenopyrite).
- الملمس الصابوني لمعدن التلك.

التصنيف العام للمعادن (Minerals Classification)

رغم أن القشرة الأرضية تتكون مما يزيد عن مائة عنصر، إلا أن هناك ثمان عناصر فقط تمثل حوالي ٩٩٪ من وزن القشرة الأرضية (شكل ٣-١٤). يمثل عنصرا الأكسجين والسيليكون حوالي ٧٥٪ من مجموع ما تمثله هذه العناصر من وزن القشرة الأرضية. يتحد هذان العنصران ليكونا الدعامة الرئيسة لأحد أهم طوائف المعادن المكونة للقشرة الأرضية، والتي تعرف باسم المعادن السيليكاتية. تمثل المعادن السيليكاتية حوالي ٩٢٪ من مجموع المعادن التي تمثل تركيب القشرة الأرضية، بينما تمثل المعادن غير السيليكاتية حوالي ٨٪ (شكل ٣-١٥).

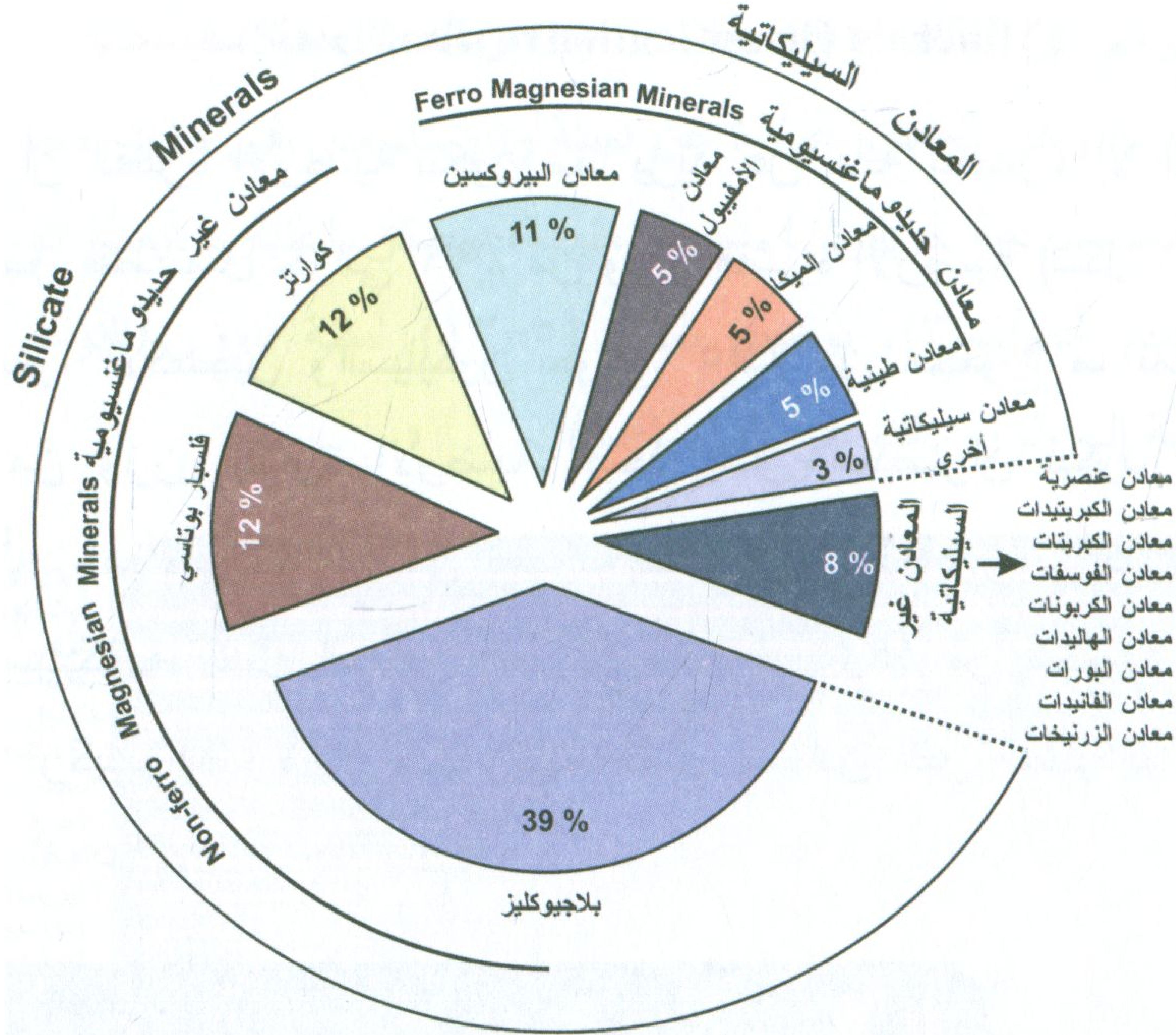


شكل ٣-١٤. توزيع نسب العناصر الأساسية بالقشرة الأرضية.

ويمكن تصنيف المعادن بناءً على عدة طرق، تعتمد كل منها على صفات أو خواص معينة مختلفة عن الأخرى، ومنها:

(أ) تصنيف المعادن حسب كمية وجودها بالصخور:

١- معادن أساسية (essential minerals)، وهي التي تكّون النسبة الأكبر من حجم الصخر.



شكل ٣-١٥. توزيع نسب المعادن الأساسية بالقشرة الأرضية.

٢- معادن إضافية(accessory minerals)، وهي التي توجد بنسبة ضئيلة (أقل من ١٠٪ من حجم الصخر الكلي).

(ب) تصنيف المعادن حسب الحالة التى تظهر عليها بالصخور:

٣- المعادن الأولية (primary minerals)، وهي التي توجد على هيئتها التي تكونت بها، دون أن يطرأ عليها أي تغيير أو تحول.

٤- المعادن الثانوية (secondary minerals)، وهي المعادن التي تنتج عن تحلل معدن أو تحوله إلى معدن آخر.

كما يمكن تصنيف المعادن أيضًا حسب تركيبها الكيميائى، وهذا التصنيف هو الأكثر شيوعًا حتى الآن، ويعرف باسم تصنيف دانا للمعادن (Dana's system of mineralogy). يعتمد هذا التصنيف على الشق الآنيونى أو مجموعة

متعددة الآنيونات (polyanionic group) مثل الكربونات $(CO_3)^{2-}$ والسيليكات $(SiO_4)^{4-}$، ... إلخ بناءً على هذا التصنيف، فقد أمكن تصنيف المعادن إلى عشرة طوائف Classes رئيسة كالآتي (جدول ٣-٢):

١- طائفة المعادن العنصرية (native elements class)

٢- طائفة معادن الكبريتيدات (sulfide minerals class)

٣- طائفة معادن الهاليدات (halide minerals class)

٤- طائفة معادن الأكاسيد (oxide minerals class)

٥- طائفة معادن الهيدروكسيدات (hydroxide minerals class)

٦- طائفة معادن الكربونات (carbonate minerals class)

٧- طائفة معادن الكبريتات (sulfate minerals class)

٨- طائفة معادن الفوسفات (phosphate minerals class)

٩- طائفة معادن البورات (borate minerals class)

١٠- طائفة معادن السيليكات(silicate minerals class) والتي تشمل عدة طويفات، هي:

(أ) طويفة المعادن السيليكاتية المنفردة (nesosilicates or orthosilicates subclass)

(ب) طويفة المعادن السيليكاتية المزدوجة (sorosilicates subclass)

(ج) طويفة المعادن السيليكاتية الحلقية (cyclosilicates subclass)

(د) طويفة المعادن السيليكاتية السلسلية (chain silicates or inosilicates subclass)

(هـ) طويفة المعادن السيليكاتية الصفائحية (sheet silicates subclass)

(و) طويفة المعادن السيليكاتية الشبكية (framework silicates subclass)

جدول ٣-٢. الطوائف المعدنية المختلفة وأهم خصائصها وأمثلة معدنية لها.

اسم الطائفة	أهم خصائصها	أمثلة معدنية
طائفة المعادن العنصرية	معادن ذات عناصر منفردة	الذهب Au والفضة Ag والنحاس Cu والبلاتين Pt
طائفة معادن الكبريتيدات	معادن ذات محتوى آنيوني من الكبريت(S)	البيريت FeS_2 والسفاليريت ZnS والجالينا PbS.
طائفة معادن الهاليدات	معادن تحتوي على الفلور والكلور والبورون واليود كآنيونات رئيسة	الهاليت NaCl والفلوريت CaF_2
طائفة معادن الأكاسيد	تتكون من كاتيونات مع الأكسجين	الهيماتيتFe_2O_3 والماجنيتيت Fe_3O_4
طائفة معادن الهيدروكسيدات	تحتوي على متعدد الآنيون OH^-	البروسيت $Mg(OH)_2$ والجيبسيت $Al(OH)_3$
طائفة معادن الكربونات	تحتوي على متعدد الآنيون للكربونات $(CO_3)^2$	الكالسيت $CaCO_3$
طائفة معادن الكبريتات	تحتوي على متعدد الآنيون للكبريتات $(SO_4)^{2-}$	أنهيدريت $CaSO_4$
طائفة معادن الفوسفات	تحتوي على متعدد الآنيون للفوسفات $(PO_4)^{3-}$	الأباتيت $Ca_5(PO_4)_3OH$
طائفة معادن البورات	تحتوي على آنيون البورات الثلاثي $(BO_3)^{3-}$ أو الرباعي $(BO_4)^{4-}$.	البوراكس (borax)
طائفة معادن السيليكات تحتوي على رباعي الأوجه السيليكاتي كمتعدد آنيون		
طويفة المعادن السيليكاتية المنفردة	- مجموعات منعزلة من رباعي الأوجه السيليكاتي - الصيغة الكيميائية: SiO_4^{4-} - مثال: الفورستريت (Mg_2SiO_4) البيروب $(Mg_3Al_2Si_3O_{12})$	Oxygen anion أنيون الأكسجين كاتيون السيليكون Silicon cation

جدول ٣-٢. تابع.

طويفة المعادن السيليكاتية الحلقية	- ستة حلقات من رباعي الأوجه السيليكاتي - الصيغة الكيميائية: $(Si_6O_{17})^{10-}$. - مثال: التورمالين والبيريل	
طويفة المعادن السيليكاتية السلسلية	- سلسلة منفردة من رباعي الأوجه السيليكاتي - الصيغة الكيميائية $(Si_2O_6)^{4-}$. - مثال: البيروكسين - سلسلة مزدوجة من رباعي الأوجه السيليكاتي - الصيغة الكيميائية: $(Si_4O_{11})^{6-}$. - مثال: الأمفيبول	
طويفة المعادن السيليكاتية الصفائحية	- وحدات من رباعي الأوجه السيليكاتي - تتبلمر فى اتجاهين لتكون صفائح الصيغة الكيميائية: $(Si_4O_{10})^{4-}$ - مثال: مجموعة معادن الميكا	
طويفة المعادن السيليكاتية الشبكية	- وحدات من رباعي الأوجه السيليكاتي والذي يتبلمر في ثلاثة اتجاهات ليكّون شبكة - الصيغة الكيميائية: (SiO_2) - مثال: الكوارتز (SiO_2) والألبيت	

أسئلة وتدريبات

١- اكتب المصطلح (المفهوم) العلمي الذي تدل عليه كل من العبارات الآتية:

١) العلاقة بين التركيب الكيميائي والبناء الذري للمعدن. ....
٢) ترابط بين ذرتين بأن ينتقل إلكترون تكافؤ أو أكثر من ذرة إلى أخرى. ....
٣) ارتباط ذرتين مع بعضهما باشتراك إلكترون أو أكثر بينهما لتكوين جزئ مستقر. ....
٤) سحابة من الإلكترونات الحرة تحيط بنواة ذرة الفلز. ....
٥) القوى الضعيفة التي تربط الجزيئات المتعادلة بعضها ببعض. ....
٦) المنظر الذي يبديه سطح المعدن في الضوء المنعكس. ....
٧) يعطي المعدن ضوءًا عندما يتعرض لمصدر حراري أو أشعة فوق بنفسجية أو أشعة سينية. ....
٨) قدرة المعدن على إنفاذ الضوء. ....
٩) المسحوق الناعم الناتج من خدش المعدن بواسطة الحك على لوح من الخزف الأبيض. ....
١٠) مقدار المقاومة التي يبديها المعدن اتجاه الخدش والتآكل. ....
١١) تشقق المعدن بسهولة في اتجاهات وينتج عنها سطوح جديدة. ....
١٢) الخاصية التي بموجبها تتكون على أطراف المعدن شحنات كهربائية نتيجة لضغطه. ....
١٣) نسبة وزن المعدن إلى وزن حجم مساو له من الماء عند درجة حرارة ٤ درجة مئوية. ....
١٤) المعادن التي توجد كعناصر حرة غير متحدة مع غيرها في الطبيعة. ....

٢- أجب على الأسئلة التالية:

١- هناك أربعة أنواع من الروابط الكيميائية، اذكر ثلاثة منها:

أ- الرابطة............ ب- الرابطة............ ج- الرابطة..............

٢- من أمثلة التشابه الشكلي معدني.......................... و.........................

٣- من أمثلة التعدد الشكلي معدني.......................... و.........................

٤- من أمثلة الخداع الشكلي معدني.......................... و.........................

٥- تتميز المعادن المرتبطة برابطة فلزية بأنها تقبل .... ولها القدرة على توصيل.................... و......................

٦- الخصائص التماسكية هي مجموعة من الصفات مثل .... و................. و............

٧- الصلادة هي ....

٨- رتب المعادن الآتية حسب درجة صلادتها مبتدئًا بالأقل صلادة:

أرثوكليز - تلك - كالسيت - كوارتز - ألماس

٩- تقسم المعادن حسب تركيبها الكيميائي إلى رتب منها:

رتبة معادن.................... و من أمثلتها معدن............................

رتبة معادن.................... و من أمثلتها معدن............................

رتبة معادن.................... و من أمثلتها معدن............................

رتبة معادن.................... و من أمثلتها معدن............................

رتبة معادن.................... و من أمثلتها معدن............................

١٠- ضع كل معدن من المعادن التالية أمام مجموعته في الجدول التالي:

دولوميت ــ هورنبلند ــ جالينا _ فلوريت - مجناتيت

المجموعة	كربونات	هاليدات	كبريتيدات	سيليكات	اكاسيد
اسم المعدن					

١١- اذكر مجموعتين من مجموعات المعادن السيليكاتية مع توضيح التركيب الداخلي للوحدة البنائية لكل مجموعة مع ذكر مثال على كل مجموعة:

اسم المجموعة	الوحدة البنائية (أو صيغة الأيون المعقد)	مثال لمعدن

12. The most abundant element in the Earth's continental crust is ....

13. Oxygen and .... are the two most abundant elements in the Earth's continental crust.

14. The most abundant mineral in the continental crust is ....

15. The most abundant mineral in the oceanic crust is ....

16. Two atoms of the same element differ in mass number; these are ....

17. All atoms of the same element have the same number of ....

18. An atom which has lost electrons is called a ....

19. The fundamental structural unit of the silicates is the ....

20. Quartz has a .... structure.

21. With the exception of quartz, the common silicates are members of a ....

22. The minerals amphibole and mica require the presence of ....

٣- علل لما يأتي (اذكر السبب العلمي) (بم تفسر؟):

١) التوصيل الجيد للحرارة والكهرباء لبعض المعادن
٢) بعض المعادن مثل الميكا سهلة الانفصام
٣) ينخدش التلك بسهولة بظافر اليد ولا ينخدش الكوارتز

٤- اذكر باختصار ما المقصود بكل من:

- الكيمياء البلورية:
- العدد الذري:
- رقم الكتلة:
- الرابطة الأيونية:
- الرابطة التساهمية:
- الرابطة الفلزية:
- رابطة فان درفال:
- البريق:
- التضوء:
- التفلر:
- الوزن النوعي:
- المخدش:
- مقياس موهس للصلادة:
- الانفصام:
- الكهربائية الحرارية:
- الكهربائية الضغطية:
- رباعي الأوجه السيليكاتي:

٥- صل العبارات في العمود (أ) بما يناسبها من العبارات في العمود (ب):

(أ)	(ب)
الرابطة الأيونية هي	الكيمياء البلورية
الشفافية هي	العدد الذري
المخدش هو	عدد الكتلة
تعرف العلاقة بين التركيب الكيميائي والبناء الذري للمعدن بـــ	ترابط بين ذرتين بأن ينتقل الكترون تكافؤ أو أكثر من ذرة إلى أخرى
الرابطة التساهمية هي	ارتباط ذرتين مع بعضها بأشتراك إلكترون أو أكثر بينهما لتكوين جزئ مستقر
العدد الذي يتحدد بعدد البروتونات والنيترونات هو	تحاط نواة ذرة الفلز بسحابة من الإلكترونات الحرة
العدد الذي يتحدد بعدد البروتونات هو	القوي الضعيفة التي تربط الجزيئات المتعادلة بعضها ببعض
الصلادة هي	المنظر الذي يبديه سطح المعدن في الضوء المنعكس
التضوء هو	الضوء الذي يعطيه المعدن عندما يتعرض لمصدر حراري أو أشعة فوق بنفسجية أو أشعة سينية
رابطة فان درفال	قدرة المعدن على إنفاذ الضوء
الرابطة الفلزية	المسحوق الناعم الناتج من خدش المعدن بواسطة الحك على لوح من الخزف الأبيض
البريق هو	مقدار المقاومة التي يبديها المعدن اتجاه الخدش والتأكل

٦- ضع بين القوسين علامة √ أو X أمام العبارات التالية (ثم صحح الخطأ إن وجد):

١) تعتبر رابطة فان درفال من أقوى الروابط الكيميائية في المعادن. ( )

٢) عندما تفقد الذرة أو تكتسب إلكترونا فإنها تصبح أيونا. ( )

٣) الرابطة التساهمية هي الرابطة التي تتم بين أيونين أحدهما يفقد و الآخر يضيف إلكترونا من و إلى غلافه الخارجي. ( )

٤) يتحدد العدد الذري بعدد البروتونات. ( )

٥) تعتبر الصلادة من الخصائص الحسية. ( )

٦) المخدش هو عبارة عن لون المسحوق الناتج من خدش المعدن على شريحة خزفية. ( )

٧) المعادن ألاساسية فى الصخر هى التي توجد بنسبة ضئيلة (أقل من ١٠٪ من حجم الصخر). ( )

٨) تنتمي معادن الفلسبارات إلى مجموعة سيليكات التتراهيدرا الحلقية (سيكلوسيليكات). ( )

٩) المعادن السيليكاتية هي أقل المعادن انتشارًا في القشرة الأرضية وهي تحتوي على عنصر الكربون الذي يكون دائمًا روابط تساهمية مع عنصر الأكسجين لتكوين رباعي الأوجه السيليكاتي. ( )

١٠) تنتمى معادن الأوليفين و الزركون إلى مجموعة سيليكات التتراهيدرا المنفردة (نيزوسيليكات). ( )

١١) تنتمى معادن المسكوفيت والبيوتيت إلى مجموعة سيليكات التتراهيدرا الصفائحية (فيلوسيليكات). ( )

١٢) ينتمي معدن الكوارتز إلى مجموعة سيليكات التتراهيدرا الشبكية (تكتوسيليكات). ( )

٧- اختر الإجابة الصحيحة من الاحتمالات الواردة أسفل كل عبارة فيما يلي:

١- تكون الذرة متعادلة عندما يكون

أ- عدد البروتونات أكثر من عدد الإلكترونات

ب- عدد البروتونات يساوى عدد الإلكترونات

ج- عدد البروتونات أقل من عدد الإلكترونات

٢- الترابط بين ذرتين بأن ينتقل إلكترون تكافؤ أو أكثر من ذرة إلى أخرى يعرف باسم.....

أ- الرابطة الفلزية ب- الرابطة التساهمية ج- الرابطة الأيونية

د- رابطة فان درفال

٣- ارتباط ذرتين مع بعضهما باشتراك إلكترون أو أكثر تعرف باسم......

أ- الرابطة الفلزية ب- الرابطة التساهمية ج- الرابطة الأيونية

د- رابطة فان درفال

٤- الرابطة التي تربط ذرات الفلزات هي......

أ- الرابطة الفلزية ب- الرابطة التساهمية ج- الرابطة الأيونية

د- رابطة فان درفال

٥- أضعف أنواع الروابط الكيميائية هي....

أ- الرابطة الفلزية ب- الرابطة التساهمية ج- الرابطة الأيونية

د- رابطة فان درفال

٦- من أمثلة المعادن التي لها رابطة مشتركة بين تساهمية وفان درفال معدن......

أ- الهاليت (كلوريد الصوديوم) ب- الجالينا ج- المسكوفيت

٧- من أمثلة المعادن التى لها رابطة أيونية معدن......

أ- الهاليت (كلوريد الصوديوم) ب- الجالينا ج- المسكوفيت

٨- من أمثلة المعادن التي لها رابطة فلزية معدن......

أ- الهاليت (كلوريد الصوديوم) ب- الجالينا ج- المسكوفيت

٩- تعتمد الخواص البصرية للمعادن على:
أ ـ حواس الإنسان، ب ـ تماسك ذرات المعادن، ج ـ انعكاس أو امتصاص الضوء على سطح المعدن

١٠- معدن له مخدش أحمر إلى أحمر بني هو
أ- الكوارتز ب- الهيماتيت ج- البيوتيت

١١- إذا أعطي المعدن ألوان التضوء **فقط** أثناء التعرض لمصدر حراري أو أشعة فوق بنفسجية أو أشعة سينية، تعرف هذه الظاهرة باسم.....
أ- التفسفر (phosphorescence) ب- التفلر (fluorescence) ج- التقشفر

١٢- صلادة معدن الكوارتز هي:
أ- ٣ ب- ٦ ج- ٧ د- ٨

١٣- الوحدة البنائية الأساسية لمعادن السيليكات هي:
أ ـ ثاني أكسيد السيليكون ب ـ ثلاثي الأوجه السيليكاتي ج ـ رباعي الأوجه السيليكاتي

١٤- التركيب الكيميائي لمعدن الأورثوكليز هو:
أ- سيليكات الألومنيوم و الكالسيوم ب- سيليكات الألومنيوم و الصوديوم
ج- سيليكات الألومنيوم والبوتاسيوم

15- Calcium is atomic number 20. Therefore,
- ☐ There are 20 neutrons in the nucleus of a Calcium atom
- ☐ There are 20 protons in the nucleus of a Calcium atom
- ☐ A Calcium atom weighs 20 atomic mass units

16- Cations are positively charged.
- ☐ True
- ☐ False

17- How many neutrons are in an atom of $_6C^{12}$?
- ☐ 6
- ☐ 18
- ☐ 12
- ☐ not enough information

18- How many electrons are in a neutral atom of $_6C^{14}$?

☐ 6
☐ 18
☐ 12
☐ not enough information

19- Solids that do not possess an orderly 3-D arrangement of atoms are called_____.

☐ polymorphs
☐ amorphous
☐ crystalline
☐ minerals

20- What is the most common structural element of the silicate mineral group?

☐ a silicon-oxygen octahedron
☐ a silicon-oxygen tetrahedron
☐ a silicon-aluminum tetrahedron
☐ a silicon-nitrogen tetrahedron

21- The atomic mass number of an element is the __________.

☐ number of protons
☐ number of neutrons
☐ number of protons plus neutrons
☐ number of electrons

22- Quartz has a hardness of 7 and will scratch all minerals with a hardness of 8 and higher.

☐ True
☐ False

23- ______ is the most abundant cation in the continental crust.

☐ aluminum
☐ iron
☐ oxygen
☐ silicon

24- ______ is a common nesosilicate - single tetrahedron.

☐ olivine
☐ quartz
☐ alkali feldspar
☐ pyroxene

25-_______ describes two atoms with the same atomic number but different mass numbers.

☐ solid solution
☐ polymorphism
☐ isotopes

26- Which of the following statements about graphite and diamond is false?

☐ graphite and diamond have the same density
☐ graphite and density have different mineral structures
☐ graphite and diamond are both made of carbon atoms
☐ graphite is stable in the crust whereas diamond is stable in the mantle

27- What does the symbol Ca^{+2} stand for?

☐ a calcium electron
☐ a calcium cation
☐ a calcium anion
☐ a calcium isotope

28- Diamond is an example of what type of bonding?

☐ covalent
☐ ionic
☐ metallic
☐ bail

29- The chemical formula $(Mg,Fe)_2SiO_4$ describes which of the following minerals?

☐ feldspar
☐ mica
☐ olivine
☐ pyroxene

30- Most common rock-forming minerals are:
- ☐ carbonates
- ☐ oxides
- ☐ silicates
- ☐ sulfides

31- The two most abundant elements in the Earth's crust are:
- ☐ calcium and carbon
- ☐ oxygen and nitrogen
- ☐ iron and nickel
- ☐ silicon and oxygen

32- The mineral pyroxene is an example of a ____ silicate:
- ☐ framework
- ☐ single chain
- ☐ sheet
- ☐ ring

33- What type of mineral is calcite?
- ☐ carbonate
- ☐ single chain silicate
- ☐ double chain silicate
- ☐ ring silicate

34- Which mineral has the greatest hardness?
- ☐ corundum
- ☐ feldspar
- ☐ quartz
- ☐ talc

35- Which of the following minerals does not exhibit cleavage?
- ☐ feldspar
- ☐ calcite
- ☐ quartz
- ☐ halite

36- Which of the following is considered a mineral?
- ☐ seawater
- ☐ rock salt
- ☐ cast iron
- ☐ vegetation

الباب الرابع

الصخور النارية والعمليات الصهيرية
(Igneous Rocks and Igneous Processes)

- مقدمة
- أنواع الصهارة
- كيفية تبلور الصهير
- سلسلة تفاعلات باون
- التركيب المعدني للصخور النارية
- أشكال تواجد الصخور النارية
- أنسجة الصخور النارية
- البركنة والبراكين
- النتائج البركاني
- أشكال البراكين والتراكمات البركانية
- تصنيف البراكين
- العلاقة بين البراكين وحركية الألواح
- مخاطر النشاط البركاني
- تصنيف الصخور النارية

مقدمة (Introduction)

تشكل الصخور النارية نحو ٩٥٪ من العشرة كيلومترات العليا من القشرة الأرضية، وتتكون من الصهارة عند تصلدها، إما في أعماق سحيقة مكونة الصخور النارية الجوفية، أو عند أعماق ضحلة، فتتكون الصخور تحت السطحية، أو على سطح الأرض مباشرة، فتتكون الصخور البركانية. تتميز الصخور النارية بتواجدها على هيئة كتل ذات أشكال مختلفة، وتتكون في معظم الأحوال من معادن متبلورة، ولا تحتوي على حفريات، وهناك العديد من الخامات المعدنية التي توجد بها.

الصهارة (Magma)

هي مادة صخرية طبيعية في حالة سائلة، لها القدرة على التداخل، وتتكون أساسًا من سائل ذي تركيب سيليكاتي، مع كميات صغيرة من المواد الغازية المتطايرة، والبلورات العالقة (شكل ٤-١).



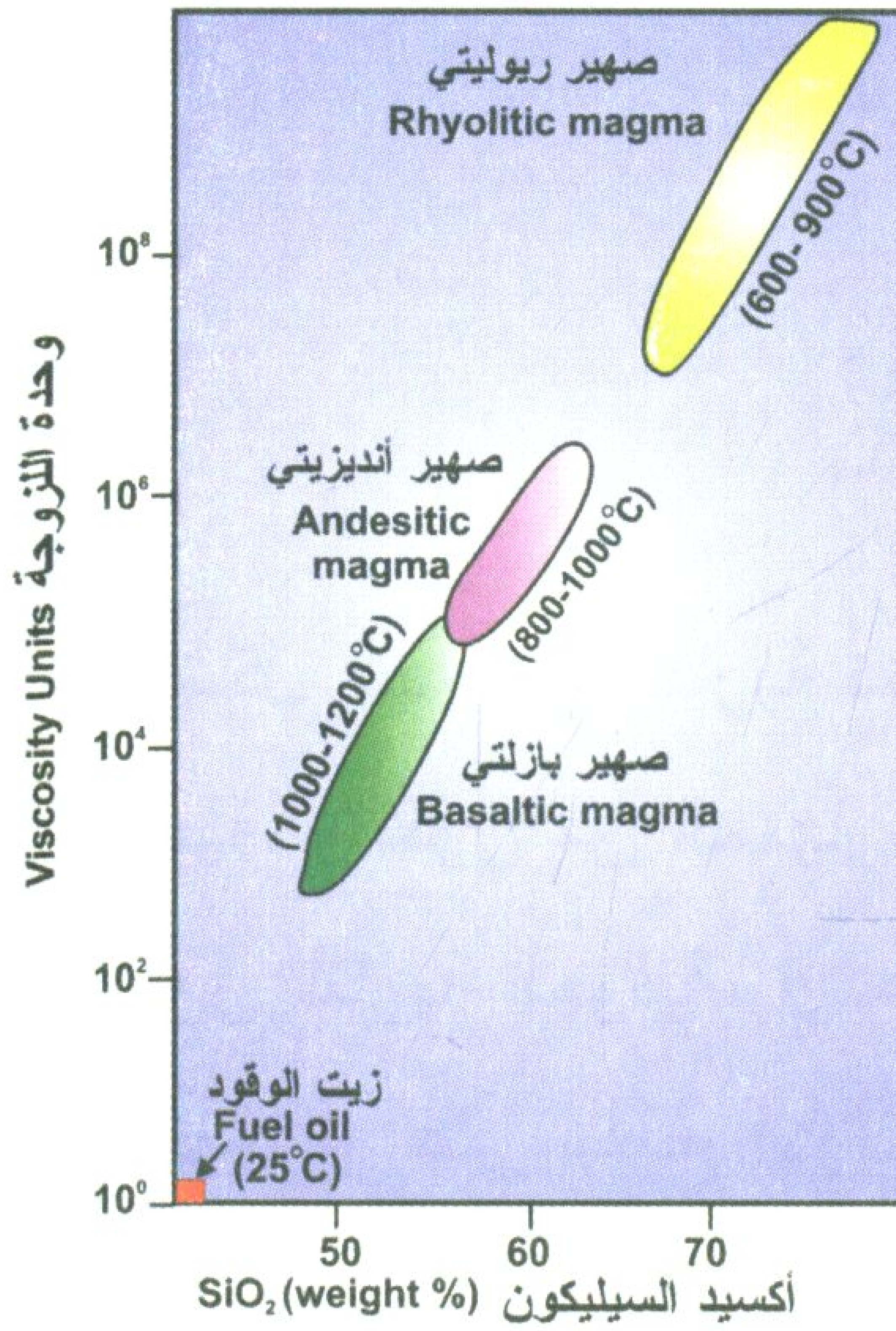
شكل ٤-١. صور توضح النشاط الصهاري في البحر والبر.

تتراوح حرارة الصهارة بين حوالي ٥٠٠ إلى ١٢٠٠ درجة مئوية، وتتميز الصهارة بحركية تتناسب مع درجة لزوجتها، وهناك عدة عوامل تتحكم في صفة الصهير:

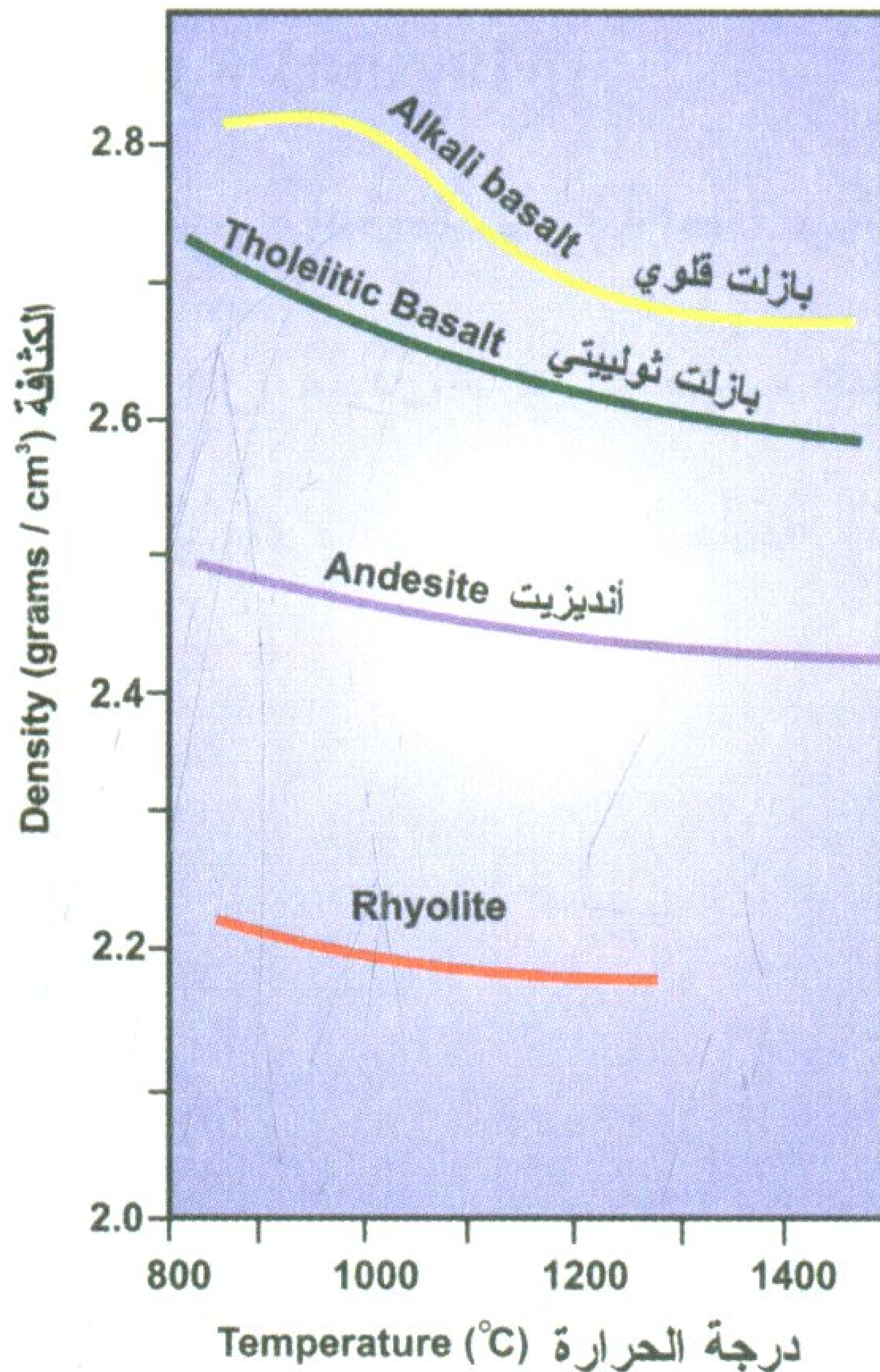
(١) اللزوجة (Viscosity)، وهي مقياس للمقاومة الداخلية لجسم سائل على الانسياب، وهى عكس السيولة. مثال: لزوجة الماء والعسل، أو زيت الماكينة. تعتمد اللزوجة إلى حد كبير على:

- نسبة السيليكا: تزداد لزوجة الصهير مع زيادة محتوى السيليكا (شكل ٤-٢).
- مقدار الغازات: كلما زادت كمية الغازات في الصهير كلما قلت لزوجته، وزادت قدرته على الانسكاب.
- درجة الحرارة: كلما ارتفعت درجة حرارة الصهير، قلت لزوجته.

(٢) الكثافة (Deinsty)، وهي كتلة وحدة الحجوم من المادة. تعتمد الكثافة على:



شكل ٤-٢. تغير لزوجة الصهير مع تغير المحتوى السيليكاتي ودرجة حرارة الصهير. (محور عن سكينير وبورتر Skinner and Porter, 1995).



شكل ٤-٣. تغير كثافة الصهير مع تغير درجة حرارة الصهير. (محور عن سكينير وبورتر Skinner and Porter, 1995).

- المحتوى المعدني للصهير: الصهير الحامضي أقل كثافة من الصهير القاعدي (شكل ٤-٣).
- درجة الحرارة: تقل كثافة الصهير بزيادة درجة الحرارة (شكل ٤-٣).

تنشأ الصهارة في الجزء السفلي من القشرة أو في الجزء العلوي من الوشاح نتيجة عوامل طبيعية وبنائية تؤدي إلى انصهار الصخور، مما ينتج عنه تكون الصهارة. بمجرد نشأة الصهارة فإنها تميل إلى الاندفاع إلى أعلى متداخلة في الصخور التي تعتليها، وتستمر في اندفاعها هذا إلى أن تتجمد تمامًا، إما في أعماق القشرة الأرضية (إذا كان الاندفاع بطيئًا) أو على سطح الأرض (عندما يكون الاندفاع سريعًا).

أنواع الصهارة (Types of Magma)

يعتمد التركيب الكيميائي للصهير على نسبة توزيع العناصر بالأرض. يشكل السيليكون Si، والألومنيوم Al، والحديد Fe، والكالسيوم Ca، والماغنسيوم Mg، والصوديوم Na، والبوتاسيوم K، والأكسجين O، والهيدروجين H، حوالي ٩٩٪ من مكونات الأرض. إضافة إلى كميات لا بأس بها من الماءH_2O، وغاز ثاني أكسيد الكربون CO_2، وكميات قليلة من الكبريت على شكل كبريتيد الهيدروجين H_2S، ومن الكلور على شكل حمض الهيدروكلوريك HCl، ومن الكربون على شكل أول أكسيد الكربون CO. ولأن الأكسجين من العناصر الأكثر شيوعًا، فإن المحتوى الكيميائي للصخور النارية يعبر عنه بالأكسيد وأكثرها انتشارًا هو أكسيد السيليكون SiO_2. وبشكل عام تصنف الصهارة بناءً على ما تحتويه من تلك العناصر إلى ثلاثة أصناف أساسية:

(١) الصهير القاعدي (Basic Magma)

- هو صهير غني بعناصر الحديد، والماغنسيوم، والكالسيوم، وفقير في عناصر الصوديوم، والبوتاسيوم.
- عند تبلور الصهير القاعدي، فإنه يعطي صخورًا غنية بالمعادن الداكنة اللون مثل الأوليفين، والبيروكسين، والبلاجيوكليز الكلسي.
- من أمثلة الصخور القاعدية صخور الجابرو والبازلت.

(٢) الصهير المتوسط (Intermediate Magma)

- يحتوي على محتوى متوسط من الحديد والماغنسيوم والكالسيوم والصوديوم والبوتاسيوم.
- عند تبلورالصهير المتوسط، فإنه يعطي صخورًا تتكوّن من الهورنبلند والبلاجيوكليز، وقد يوجد الكوارتز والأرثوكليز والبيروكسين كمعادن إضافية.
- من أمثلة الصخور المتوسطة صخور الديوريت والأنديزيت.

(٣) الصهير الحامضي (Acidic Magma)

- هو صهيرغني بعناصر الألومنيوم، والبوتاسيوم، والصوديوم، وفقير في عناصر الحديد، والماغنسيوم، والكالسيوم.
- يعطي عند تبلوره صخورًا غنية بالمعادن الفاتحة مثل الأورثوكليز والبلاجيوكليز الصودي والكوارتز.
- من أمثلة الصخور الحامضية صخور الجرانيت والرايوليت.

- هذا بالإضافة للصهير فوق القاعدي (ultrabasic magma)، والذي يكون أكثر غنى بالمعادن الغنية بالحديد والماغنسيوم، ومن أمثلته صخور البيريدوتيت والبيروكسينيت.

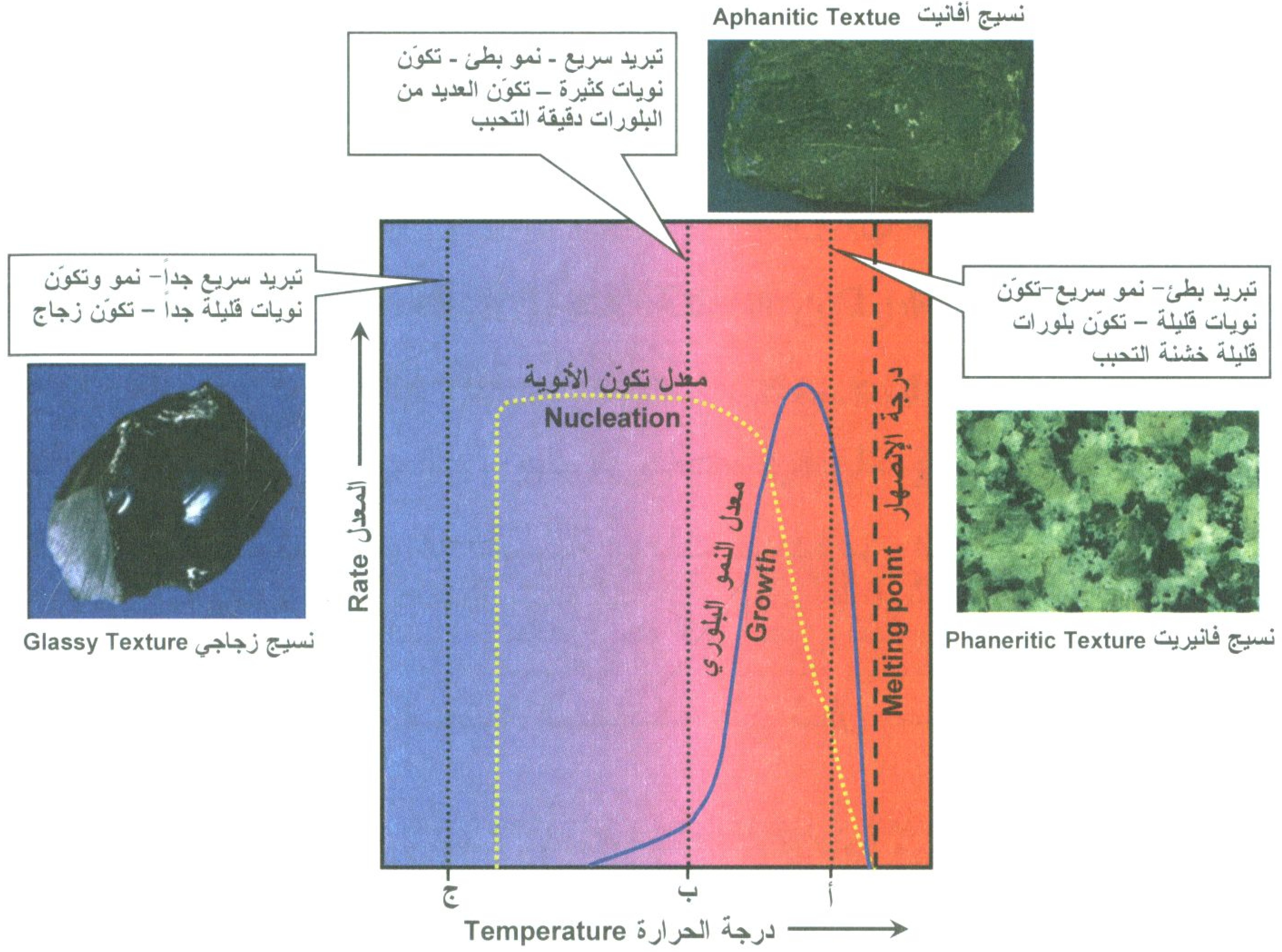
كيفية تبلور الصهير (Mechanism of Magma Crystallization)

تعتمد حرية حركة الأيونات بالصهير إلى حد كبير على درجة حرارته، حيث تكون الحركة عشوائية عند درجات الحرارة العالية، ثم تبدأ في الانتظام مع التبريد، اعتمادًا على شحنات الأيونات وحجمها. وينجم عن استمرار البرودة وانتظام الأيونات وترابطها كيميائيًا ما يعرف ببلورة المعدن. ولا تتبلور جميع مكونات الصهير في آن واحد، عند درجة حرارة واحدة؛ وإنما يتكون فيه عدة مراكز بلورية، يستمر نموها بإضافة أيونات جديدة من الصهير إليها. ولا يلبث نمو هذه المراكز أن يتوقف، وتتقابل حوافها حتى تتبلور جميع مادة الصهير، مكونة كتلة من البلورات المختلفة المتماسكة على شكل صخر ناري.

تعتمد عملية التبلور على معدل برودة الصهير، فعندما يكون معدل برودته بطيئًا جدًا، فإن المراكز البلورية فيه تكون قليلة نسبيًا، ما يتيح وقتًا ومكانًا كافيين لنمو البلورة، ولذا يكون حجم البلورات كبيرًا (الخط "أ"، شكل ٤-٤). وعلى عكس ذلك، عندما يكون معدل برودة الصهير سريعًا، يتكون العديد من مراكز التبلور، ما يجعل نمو البلورات يتوقف سريعًا عند تقابلها مع بعضها، ولذلك يكون حجمها صغيرًا (الخط "ب"، شكل ٤-٤). أما إذا تعرض الصهير لبرودة مفاجئة، فإنه يتجمد سريعًا قبل أن تنتظم أيوناته مما يؤدي إلى تكوّن صخور غير متبلورة (الخط "ج"، شكل ٤-٤).

سلسلة تفاعلات باون (Bowen's Reaction Series)

في عام ١٩٢٢م، لاحظ الجيوكيميائي الكندي نورمان باون (Norman Bowen) ومعه نخبة من زملائه بمعهد كارنيجي بواشنطن (Karnegie Institution in Washington) أنه عندما يبرد الصهير، فإن معادن محددة تتبلور أولاً، ومع تتابع انخفاض حرارة الصهير، تبدأ معادن أخرى بالتبلور من

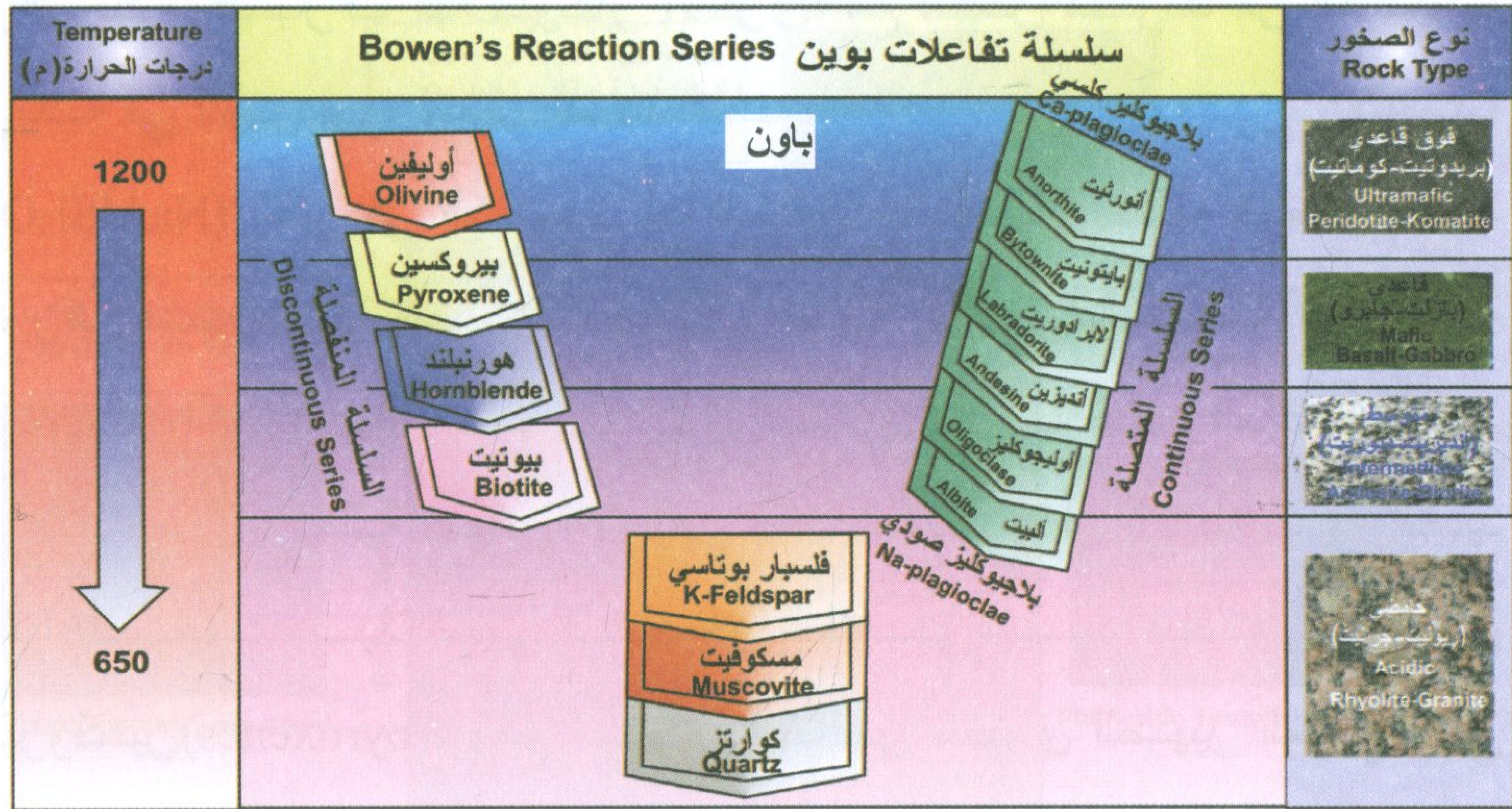


شكل ٤–٤. تأثير معدل التبريد على معدل تكوّن الأنوية والنمو البلوري فى الصخر الناري.

الصهير المتبقي بعد تبلور المعادن السابقة. وبتتابع عمليات التبلور، يستمر التركيب الكيميائي للصهير المتبقي في التغير. ولأن المعادن التي تتبلور منه أولاً، تحت درجات حرارة عالية، هي المعادن ذات المحتوى العالي من الحديد والماغنسيوم، فإن محتوى الصهير من هذين العنصرين يتناقص مع تبلور المعادن الغنية بهما، في حين تزداد فيه نسبة السيليكون والصوديوم والبوتاسيوم وقد عرف هذا التتابع لتبلور المعادن من الصهير باسم تتابع تفاعلات باون (شكل ٤–٥).

توضح سلسلة تفاعلات باون أن تتابع تبلور المعادن من صهير قاعدي يمكن أن يسلك طريقين، يعرف الأول بالسلسلة المتصلة (continuous series)، حيث تتبلور منه الفلسبارات الغنية بالكالسيوم، مثل الأنورثيت($CaAl_2Si_2O_8$) ثم

يتوالى تبلور فلسبارات البلاجيوكليز الأخرى، مع تناقص محتواها من الكالسيوم، وزيادته في الصوديوم، لتنتهي هذه السلسلة إلى تبلور معدن الألبيت ($NaAlSi_3O_8$) الفقير في الكالسيوم. أما الطريق الآخر الذي تسلكه المعادن عند تبلورها حسب سلسلة تفاعلات باون، فإنه يسمى بالسلسلة المنفصلة (discontinuous series) حيث يبدأ تبلور المعادن الغنية بالحديد والماغنسيوم عند درجات الحرارة العالية (معادن الأوليفين olivine)، وبعد أن تتناقص نسبة الحديد والماغنسيوم قليلاً في الصهير المتبقي، يبدأ تبلور معادن البيروكسين(pyroxenes)، ومع استمرارية تناقص محتوى الصهير المتبقي في الماغنسيوم والحديد وازدياد نسبة السيليكا، تتبلور معادن الأمفيبول (amphiboles) وتليها معادن الميكا (mica). أما المعادن ذات المحتوى العالي من السيليكا، مثل الفلسبار البوتاسي (K-Feldspar)، والمسكوفيت (muscovite)، والكوارتز (quartz)، فإنها تتبلور في المرحلة النهائية من تبلور الصهير بعد استنفاذ القلويات، وتركُّز السيليكا والألومنيوم في الصهير المتبقي من تتابع تبلور المعادن، سواء في السلسلة المنفصلة أو المتصلة. لذلك، تكوّن الصخور المكونة من المعادن التي تبلورت مبكرًا عند درجات الحرارة العالية، صخورًا قاعدية دكناء اللون؛ لاحتوائها على نسبة عالية من الحديد والماغنسيوم. أما الصخور المكونة من المعادن التي تبلورت في آخر التتابع، فتكوّن صخورًا حامضية، لانخفاض نسبة الحديد والماغنسيوم وارتفاع نسبة السيليكا فيها. ومع تقدم عملية التبلور، يتركز الماء الموجود في الصهارة، ويقوم باستخلاص كثير من العناصر ذات القيمة الاقتصادية ويركزها في محاليل حرمائية (hydrothermal solutions)، تترسب منها في مراحل لاحقة من التبلور معادن ذات قيمة اقتصادية.



شكل ٤-٥. سلسلة تفاعلات باون Bowen's Reaction Series.

التركيب المعدني للصخور النارية

(Mineral Composition of Igneous Rocks)

بشكل عام، يمكن تصنيف المعادن المكونة للصخور النارية إلى:

(١) المعادن الأولية (Primary Minerals)

وهي معادن تتكوّن مباشرة من السائل الصهاري أثناء برودته. مثل المعادن الفلسية (الكوارتز والفلسبارات والفلسباثويد)، والمعادن المافية (الأوليفين والبيروكسين والأمفيبول والميكا).

(٢) المعادن الإضافية (Accessory Minerals)

توجد غالبا على هيئة حبيبات دقيقة منبثة بين المعادن الأساسية، وأحياناً على هيئة مكتنفات بداخلها. ولبعض هذه المعادن دلالات هامة بالنسبة لتركيب الصهارة التي تكونت منها الصخور النارية (مثل الأباتيت والزركون).

(٣) المعادن الثانوية (Secondary Minerals)

تنشأ نتيجة تأثر المعادن الأساسية بعوامل التجوية، أو تأثير المحاليل الحرمائية، أو المياه الجوفية. مثل معادن الكلوريت، والسربنتين، والكربونات، والمعادن الطينية، والإبيدوت.

أشكال تواجد الصخور النارية
(Mode of Occurrence of Igneous Rocks)

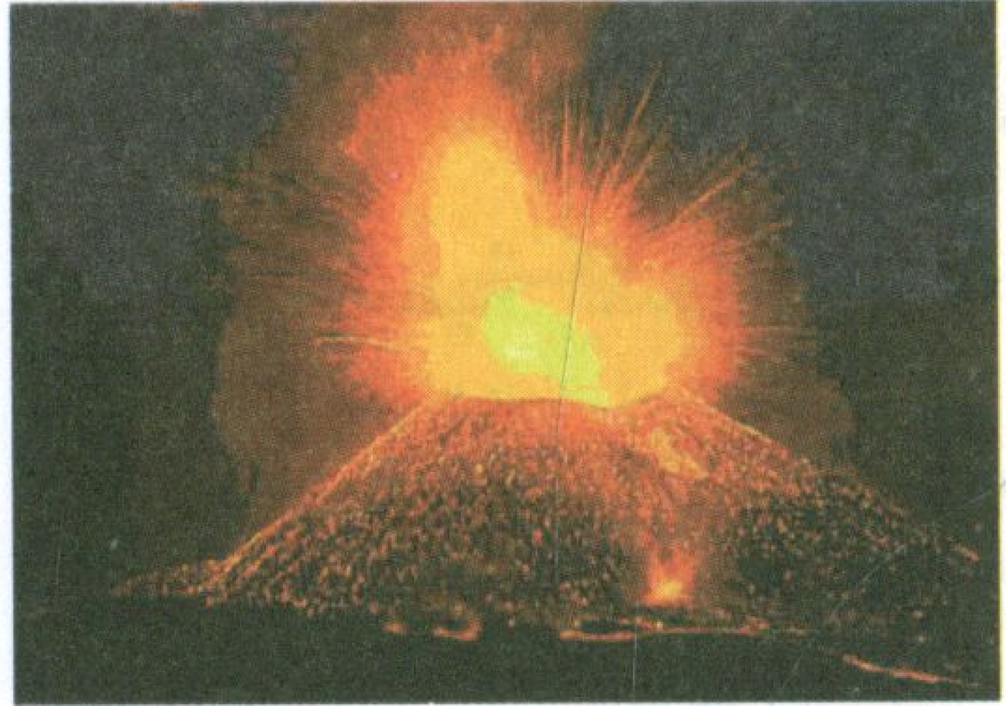
الصخور النارية التي تتكون على السطح (Extrusive Igneous Rocks)

(١) الحمم المتدفقة (lava flows) (شكل ٤-٦)، وهي أجسام منبسطة على سطح الأرض وممتدة إلى مساحات واسعة، وتقذف إلى الخارج عن طريق شقوق فى القشرة الأرضية أو عن طريق فوهات بركانية.



شكل ٤-٦. حمم متدفقة.

(٢) مخاريط بركانية (volcanic cones) (شكل ٤-٧)، والتي تمثل الطريق لخروج الحمم المتدفقة.



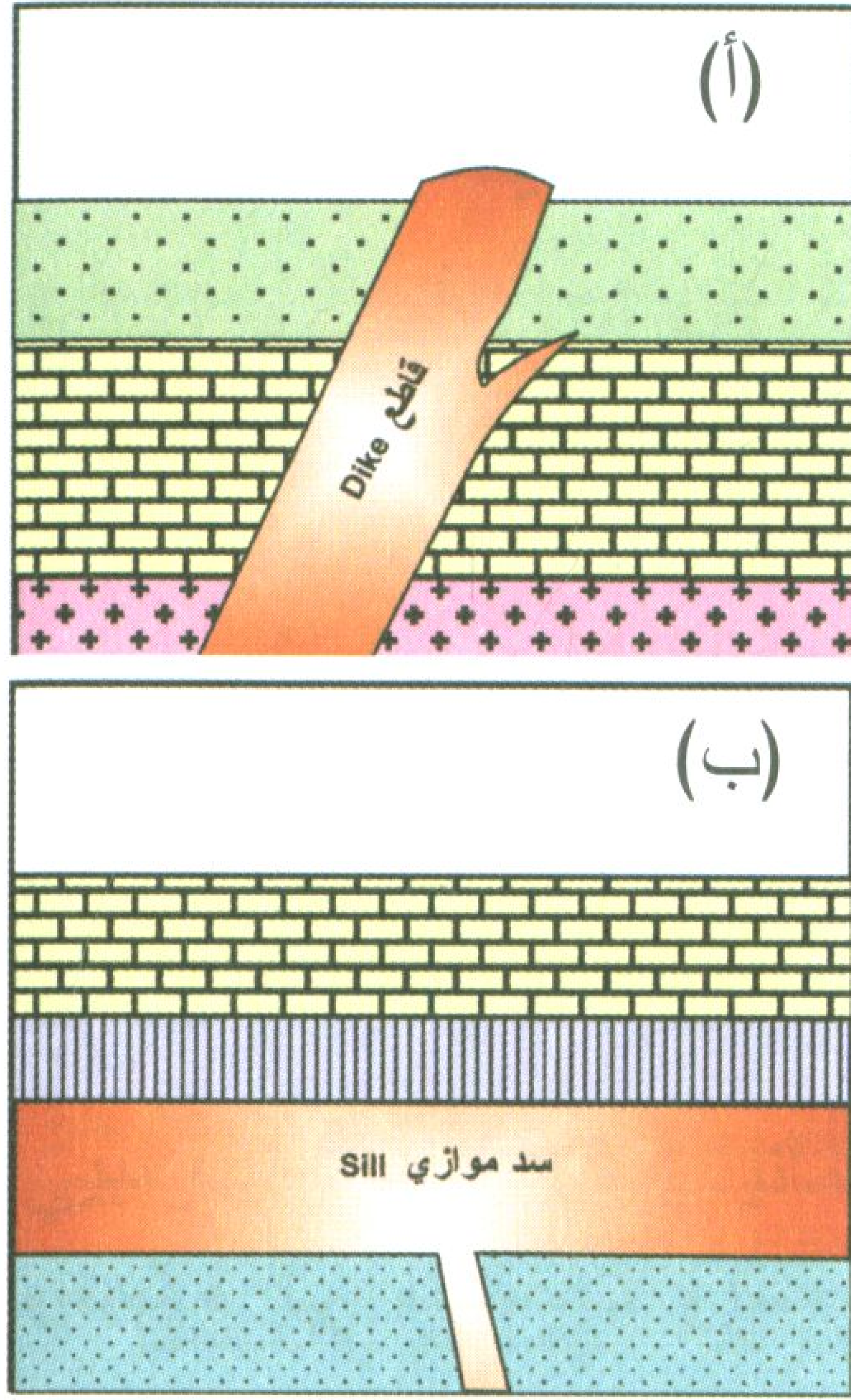
شكل ٤-٧. مخروط بركاني.

(٣) صخور فتاتية بركانية (pyroclastics) (شكل ٤-٨)، وهي صخور نارية مفتتة تتكون من جراء الانفجارات المتقطعة للحمم أثناء الثوران البركاني. توجد هذه الصخور على هيئة كتل كبيرة من الأجلوميريت (agglomerate)، وحطام أصغر مثل الغبار، والرماد البركاني، الذى يترسب على هيئة طبقات من الطف البركاني.



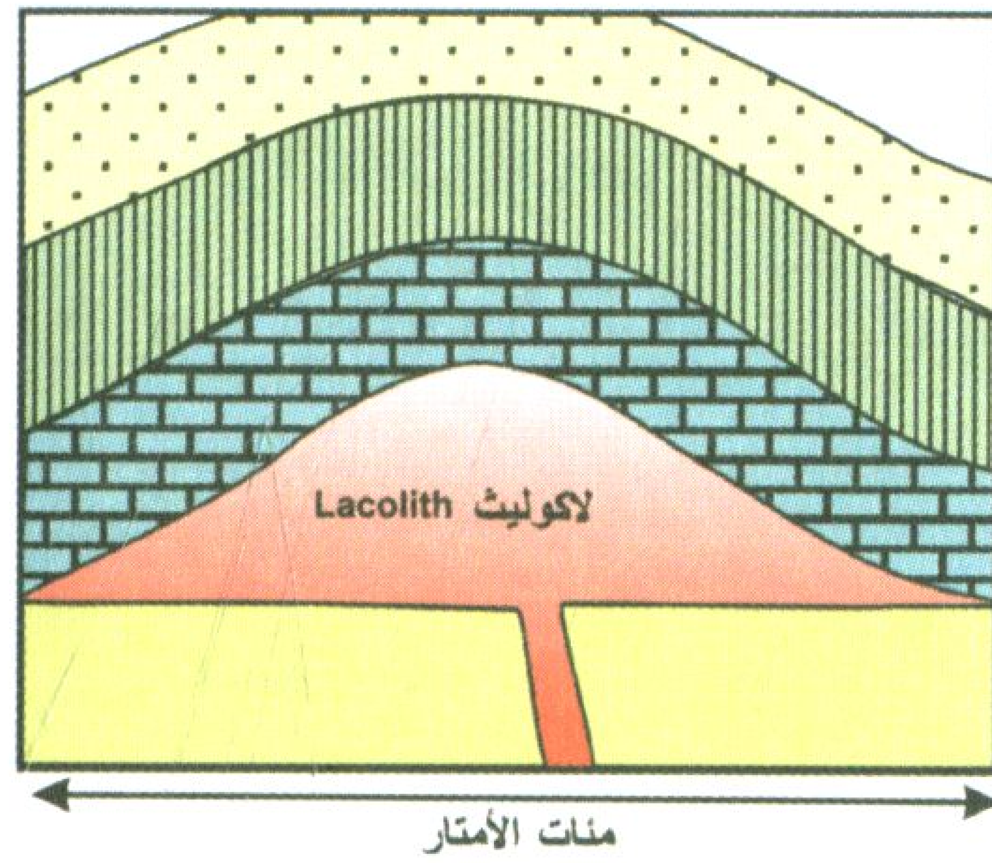
شكل ٤-٨. صخور فتاتية.

الصخور النارية الجوفية المتداخلة التي تتكون في الأعماق أو قريبًا من السطح (Intrusive or Hypabyssal Igneous Rocks)



شكل ٤-٩. (أ) قاطع ، (ب) جُدّة.

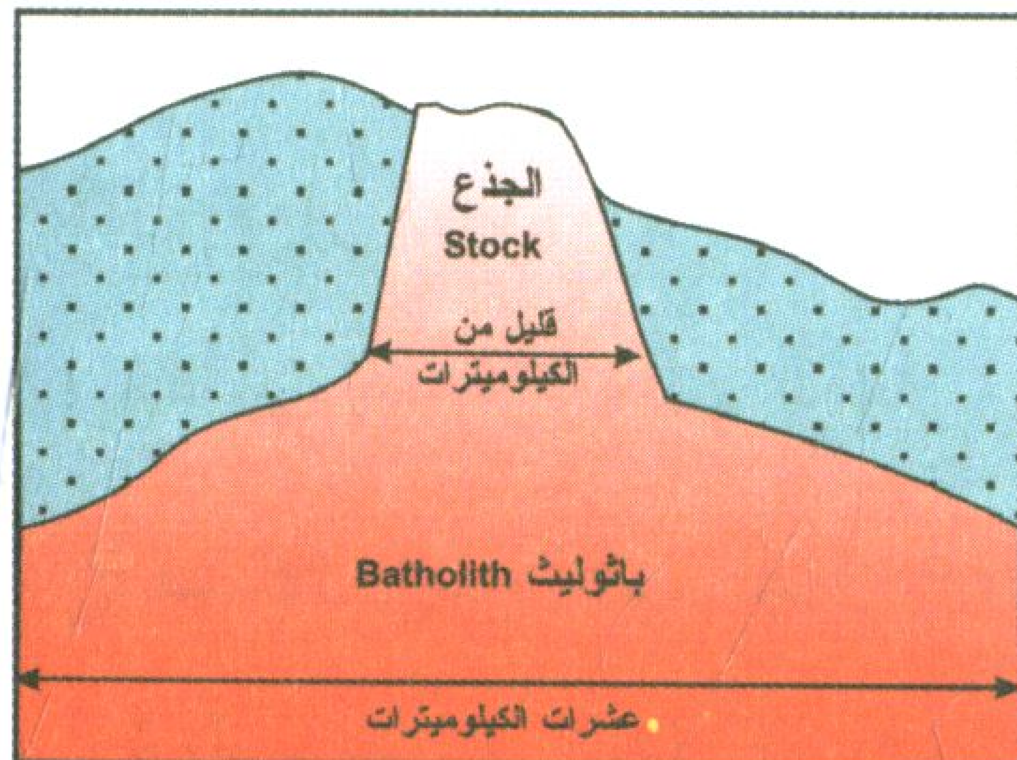
(١) القواطع (dykes) والجدد(sills): تتكون القواطع من جراء تداخل صهير بشقوق وفواصل رأسية أو مائلة، حيث يتراوح سمكها من بضع سنتيمترات إلى قليل من الكيلومترات (شكل ٤-٩أ). عندما ينحشر هذا الصهير بين الأسطح الطبقية الرسوبية فإنها تعرف بالجدد (شكل ٤-٩ب). تتميز الجدد بانتظام سمكها وامتدادها الواسع ولذا فإنه يعتقد بأنها تكونت من صهير شديد السيولة.



شكل ٤-١٠. اللاكوليث.

(٢) اللاكوليث (lacolith): هي أجسام نارية عدسية الشكل وتمتد لبضع كيلومترات. تتكون من جراء حشر صهير لزج يعمل على تقوس الطبقات التي تعلوها (شكل ٤-١٠).

(٣) الباثوليث (batholiths): هو أكبر الأجسام الجوفية المتداخلة وتغطي صخوره مساحات شاسعة (الآف الكيلومترات)، ويتكون من صخور جرانيتية (شكل ٤-١١).



شكل ٤-١١. الباثوليث والجذوع .

(٤) الجذوع (stocks): هي أجزاء من الباثوليث، تظهرها عوامل التعرية قبل الباثوليث

وتغطي مساحات أقل من ١٠٠ كيلومتر مربع (شكل ٤-١١).

أنسجة الصخور النارية (Textures of Igneous Rocks)

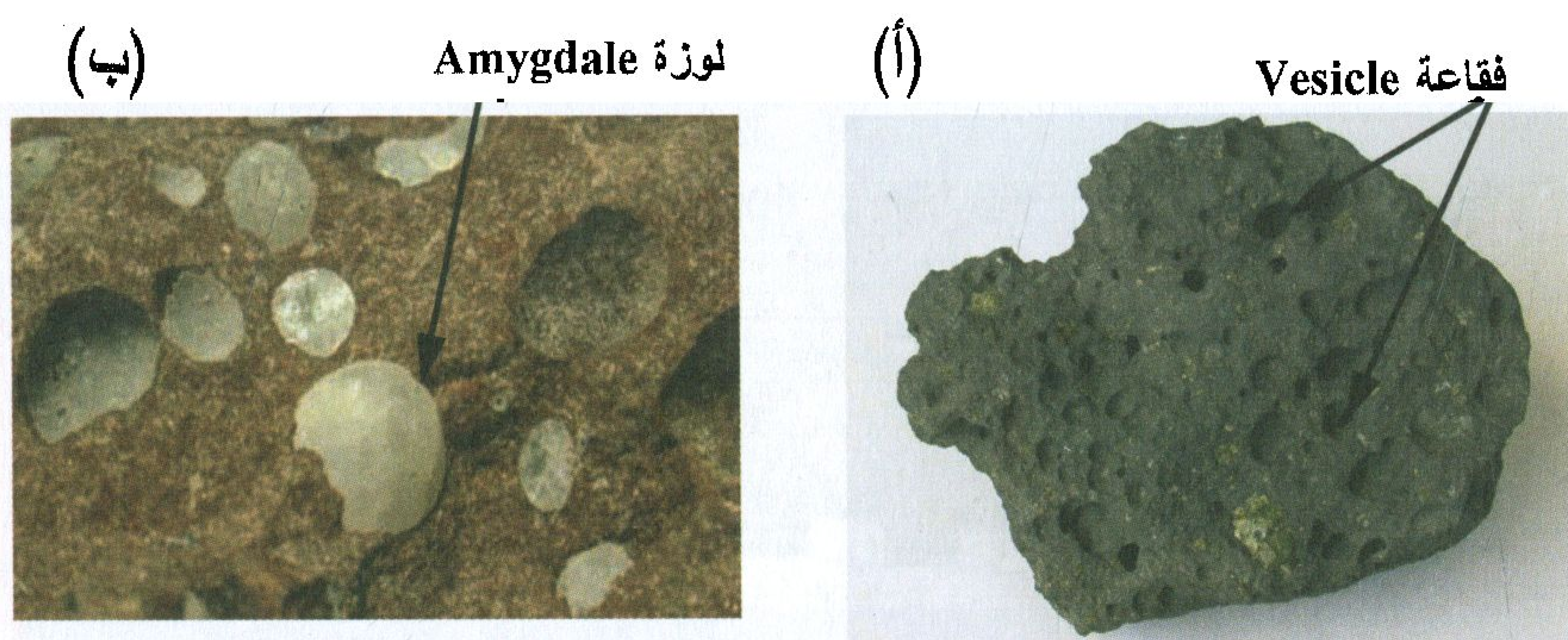
كلمة نسيج تعني شكل وحجم حبيبات المعادن المكونة للصخر. ويمكن تقسيم أنسجة الصخور النارية بشكل عام إلى:

أولاً: أنسجة الصخور النارية السطحية
(Textures of Extrusive Igneous Rocks)

(١) دقيق الحبيبات (fine-grained): تكون جميع بلورات المعادن المكونة للصخر صغيرة في الحجم، ولا يمكن رؤيتها بالعين المجردة.

(٢) نسيج زجاجي (glassy): يشبه إلى حد كبير الزجاج العادي، وهو النسيج المميز للصخور البركانية.

(٣) النسيج الفقاعي واللوزي (vesicular and amygdaloidal texture): ينتج هذا النسيج عن تجمع الغازات والأبخرة فى الحمم البركانية فى فراغات قريبا من سطح السريان، ونتيجة لانخفاض درجة الحرارة ونقصان الضغط تخرج هذه الغازات تاركة ورائها حفرًا وفراغات مستديرة الشكل على سطح الصخر، يسمى هذا بالنسيج الفقاعي (شكل ٤-١٢أ). وإذا حدث وأن تفاعلت هذه الغازات والأبخرة مع الصخر المحيط بالحمم، فسوف تتكون معادن ثانوية مثل



شكل ٤-١٢. (أ) النسيج الفقاعي، (ب) النسيج الميجدالي أو اللوزي.

الكالسيت والإبيدوت تملأ هذه الفجوات، مكونة لوزات (amygdales) ويسمى حينئذ بالنسيج الميجدالي (شكل ٤-١٢ب).


شكل ٤-١٣. النسيج الفتاتي.

(٤) نسيج فتاتي (tuff) (pyroclastic or fragmental): ينتج هذا النسيج عن تلاصق القطع الصخرية المتنوعة الأشكال والتي تنتج عن الانفجارات البركانية بعضها بالبعض الآخر، مما يكوّن الصخور البركانية الفتاتية (شكل ٤-١٣).


شكل ٤-١٤ . نسيج الانسياب بصخور الأنديزيت.
© John Winter and Prentice Hall

(٥) نسيج الانسياب (flow texture): إذا استمر الانسياب خلال مراحل التبريد والتبلور للصهير، ينتج عن ذلك ترتيب للبلورات في اتجاه الانسياب، وينطبق ذلك على بعض الصخور البركانية (شكل ٤-١٤).

ثانيًا: أنسجة الصخور النارية تحت السطحية

(Textures of Hypabyssal Igneous Rocks)

(١) نسيج دقيق الحبيبات البورفيري: وينتج هذا النسيج عندما تتكون بعض البلورات الظاهرة محاطة كليًا بأرضية من حبيبات دقيقة (شكل ٤-١٥). تكوّن

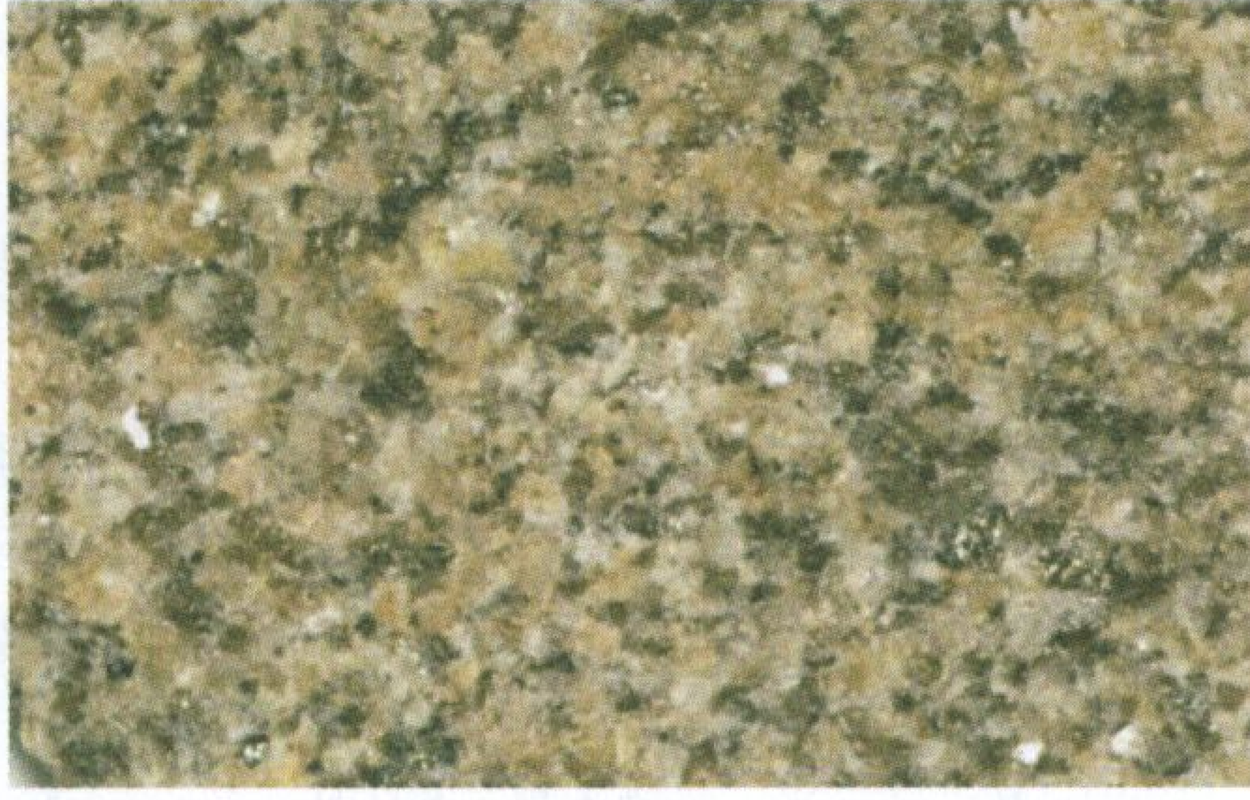


شكل ٤-١٥. نسيج دقيق الحبيبات البورفيري.

البلورات الأصغر حجمًا أرضية الصخر (groundmass)، وتحيط بالبلورات الأكبر حجمًا، والتي تسمى بالبلورات الظاهرة (فينوكريست phenocryst).

ثالثًا: أنسجة الصخور النارية الجوفية

(Textures of Intrusive Igneous Rocks)



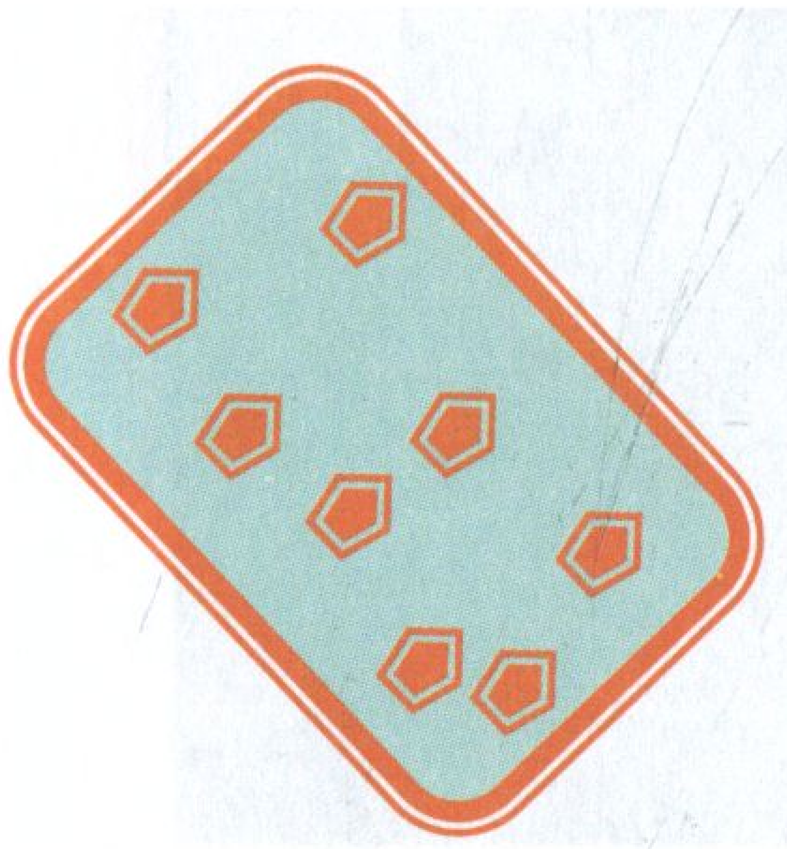
شكل ٤-١٦. جرانيت خشن التحبب.

(١) خشن الحبيبات (coarse-grained): وينتج هذا النسيج عن تبريد بطيء مما يؤدي إلى تكوّن بلورات خشنة ومنتظمة التوزيع ومتساوية الحجم (شكل ٤-١٦).

(٢) نسيج خشن الحبيبات البورفيري (porphyritic texture): يشبه نسيج دقيق الحبيبات البورفيري (انظر شكل ٤-١٥) مع الاختلاف في حجم حبيبات أرضية الصخر، والتي تكون خشنة نسبيًا، وتحيط بالبلورات الأكبر حجمًا والتي تسمى بالفينوكريست.

رابعًا: أنسجة النمو المشترك (Intergrowth Textures)

ربما تتبلور معادن الصخور النارية في نفس الوقت، أو في تتابع، أو بعضها ينمو على حساب الآخر. يؤدي ذلك إلى تكون بعض الأنسجة ذات النمو المشترك، والتي تظهر عن طريق الدراسة الميكروسكوبية للصخور النارية. سنستعرض فيما يلي بعض الأمثلة من هذه الأنسجة:



شكل ٤-١٧. النسيج البويكليتي.

النسيج البويكليتي (poiklitic texture)

بلورات صغيرة تنتشر عشوائيًا داخل بلورة كبيرة من معدن مختلف (شكل ٤- ١٧). البلورات

الصغيرة عديمة الأوجه، ويبدو أنها تبلورت قبل البلورة الكبيرة، وهناك ظواهر تشير إلى وجود تفاعلات بين البلورات الصغيرة المحاطة والبلورة الكبيرة أدت إلى تكون هذا النسيج.

النسيج الأوفيتي (ophitic texture)

بلورة من البيروكسين تحتوي على العديد من بلورات البلاجيوكلاز الكاملة الأوجه (شكل ٤-١٨). عندما تحيط بلورة البيروكسين أو الأوليفين الكبيرة جزئيًا ببلورات البلاجيوكليز يسمى النسيج تحت أوفيتي (subophitic).



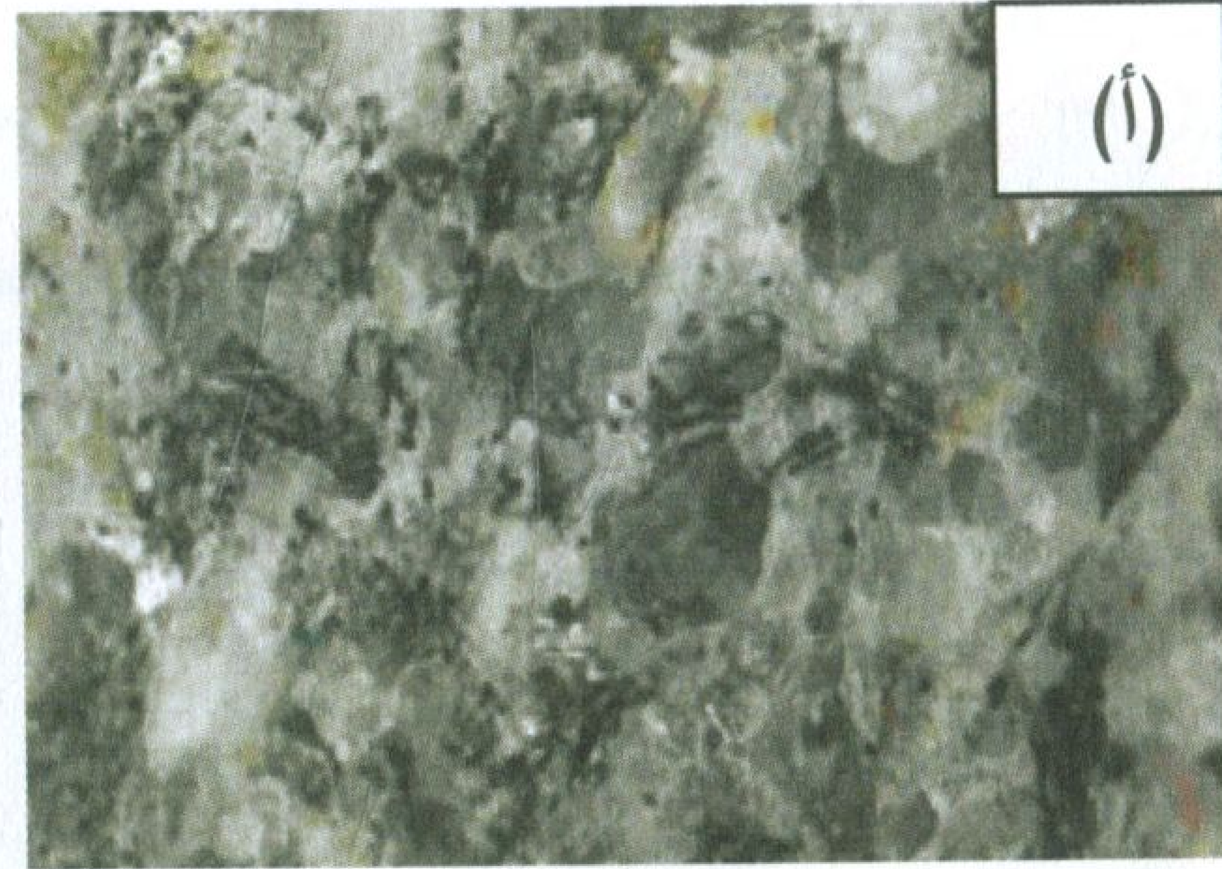
شكل ٤-١٨. النسيج الأوفيتي. لاحظ احتواء بلورة البيروكسين للعديد من بلورات البلاجيوكليز.

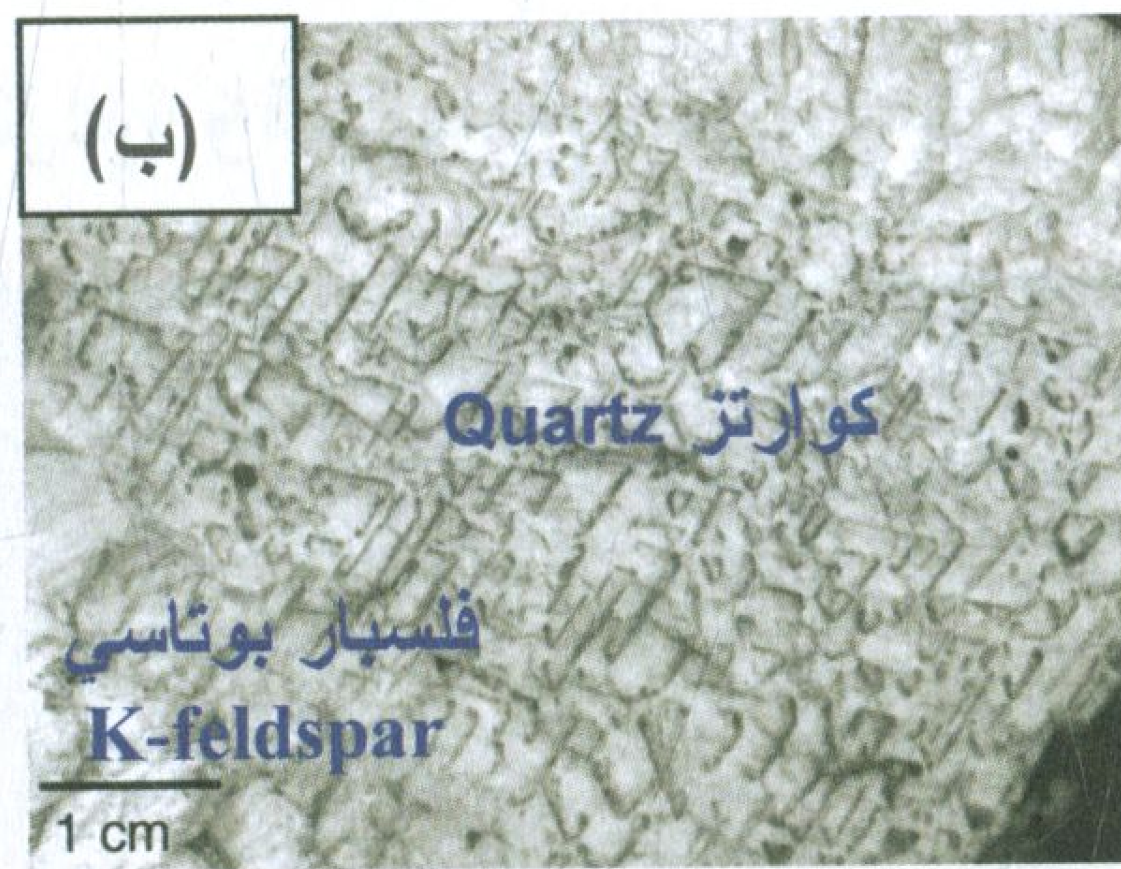
النسيج الهيروغليفي (graphic texture)

ينتشر هذا النسيج على الأخص في صخور البيجماتيت (شكل ٤-١٩).

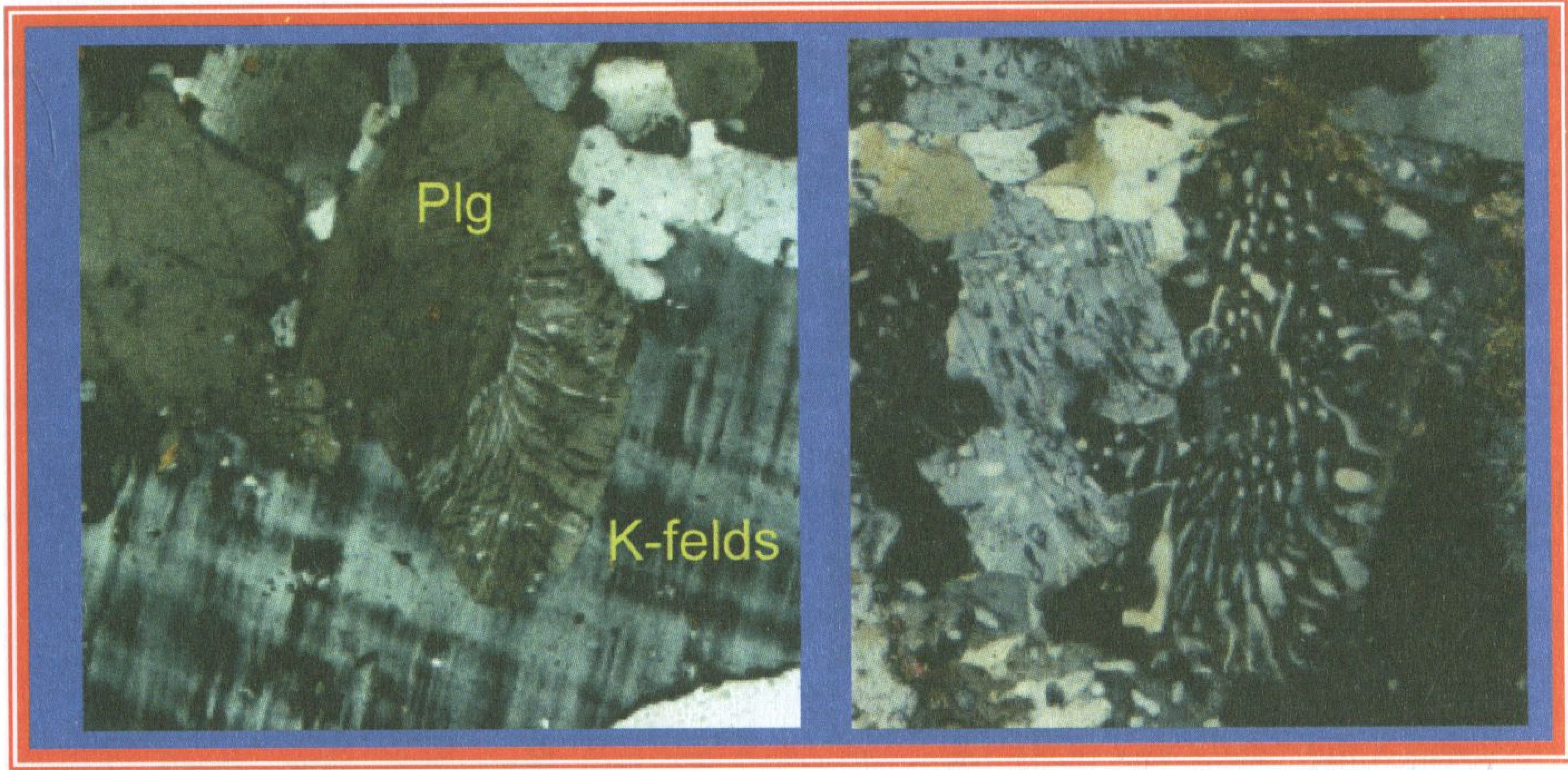
النسيج الميرمكيتي (myrmekitic texture)

ينشأ هذه النسيج كنمو مشترك من الكوارتز داخل البلاجيوكليز ويمتد إلى الفلسبار المجاور (شكل ٤-٢٠).





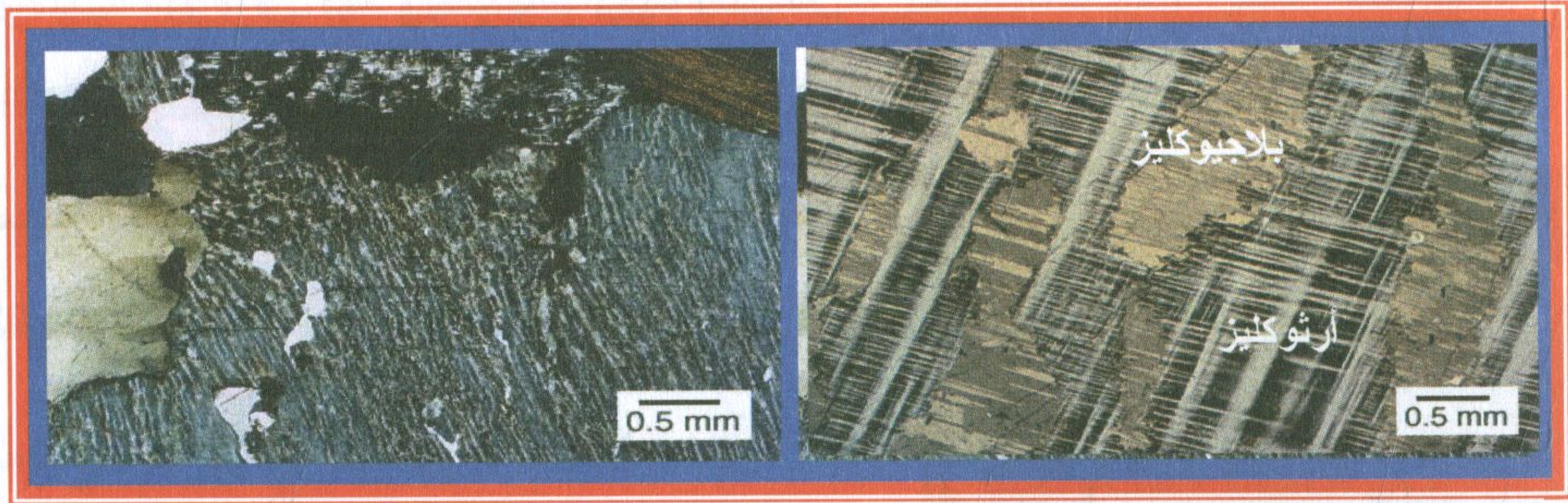
شكل ٤-١٩. (أ) بيجماتيت، (ب) النسيج الهيروغليفي.



شكل ٤-٢٠. النسيج الميرمكيتي.
Photographs courtesy © L. Collins. http://www.csun.edu/~vcgeo005

النسيج البيرثيتي (perthite) والأنتيبيرثيتي (antiperthite)

النسيج البيرثيتي هو نمو مشترك بين البلاجيوكليز والفلسبار البوتاسي حيث توجد بلورات من البلاجيوكليز داخل بلورة الفلسبار البوتاسي (شكل ٤-٢١أ). أما بالنسبة لنسيج الأنتيبيرثيتي فيحدث العكس حيث توجد بلورات الفلسبار البوتاسي داخل البلاجيوكليز (شكل ٤-٢١ب).

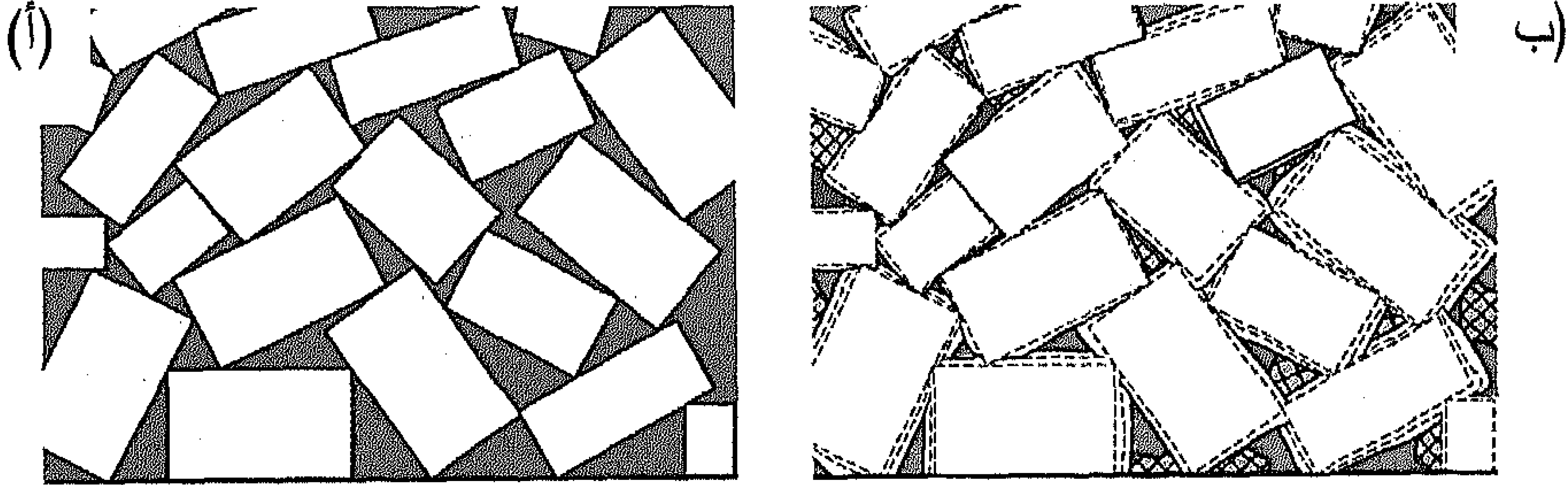


شكل ٤-٢١. (أ) النسيج البيرثيتي، (ب) النسيج الأنتيبيرثيتي.

النسيج التراكمي (cumulus texture)

تتراكم بلورات المعادن الأولية والتي تكونت مع بداية التبلور بالجاذبية، أو تتكون بجوار جدران غرفة الصهارة. يؤدي ذلك إلى انفصال هذه المعادن عن

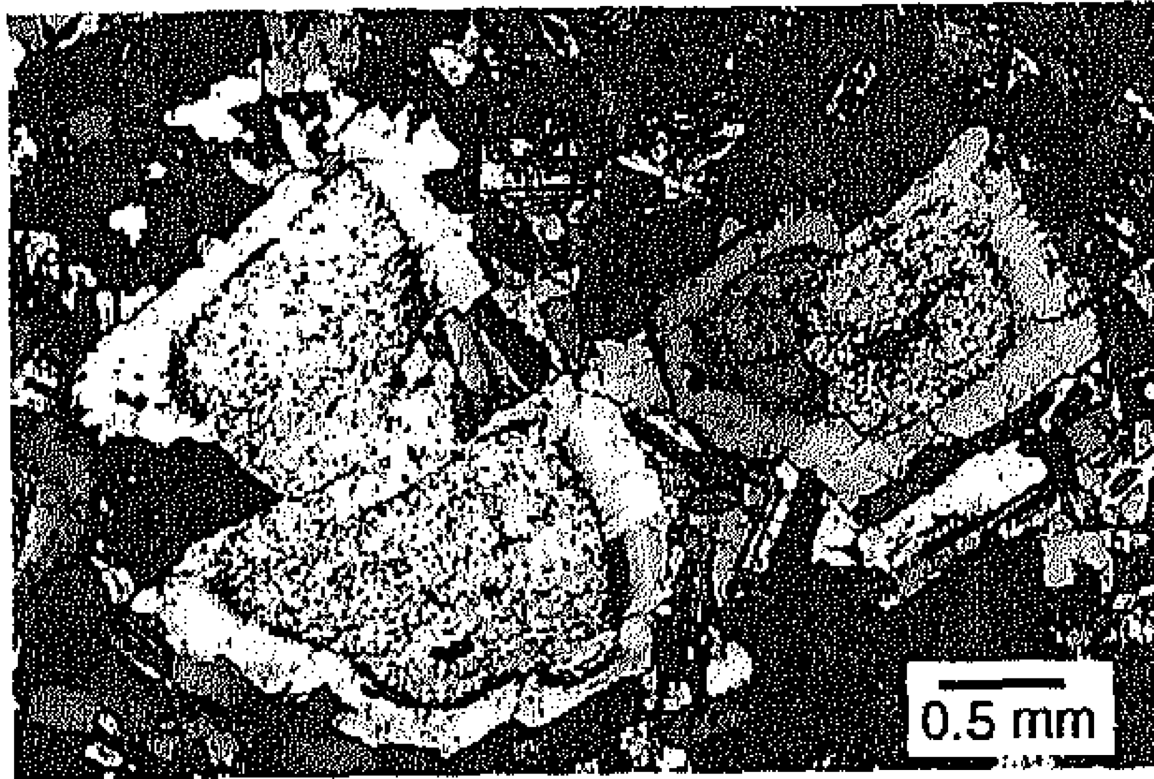
الصهير وتراكمها مكونةً النسيج التراكمي (شكل ٤-٢٢ أ). يملأ السائل (intercumulus liquid) الفراغات البينية لهذه البلورات (شكل ٤-٢٢ ب).



شكل ٤-٢٢. (أ) تراكم البلورات كاملة الأوجه وانفصالها عن الصهير، (ب) تملأ السوائل الفراغات البينية لهذه البلورات مكونة النسيج التراكمي.
From: Wager and Brown (1967).

نسيج غربالي (sieve texture)

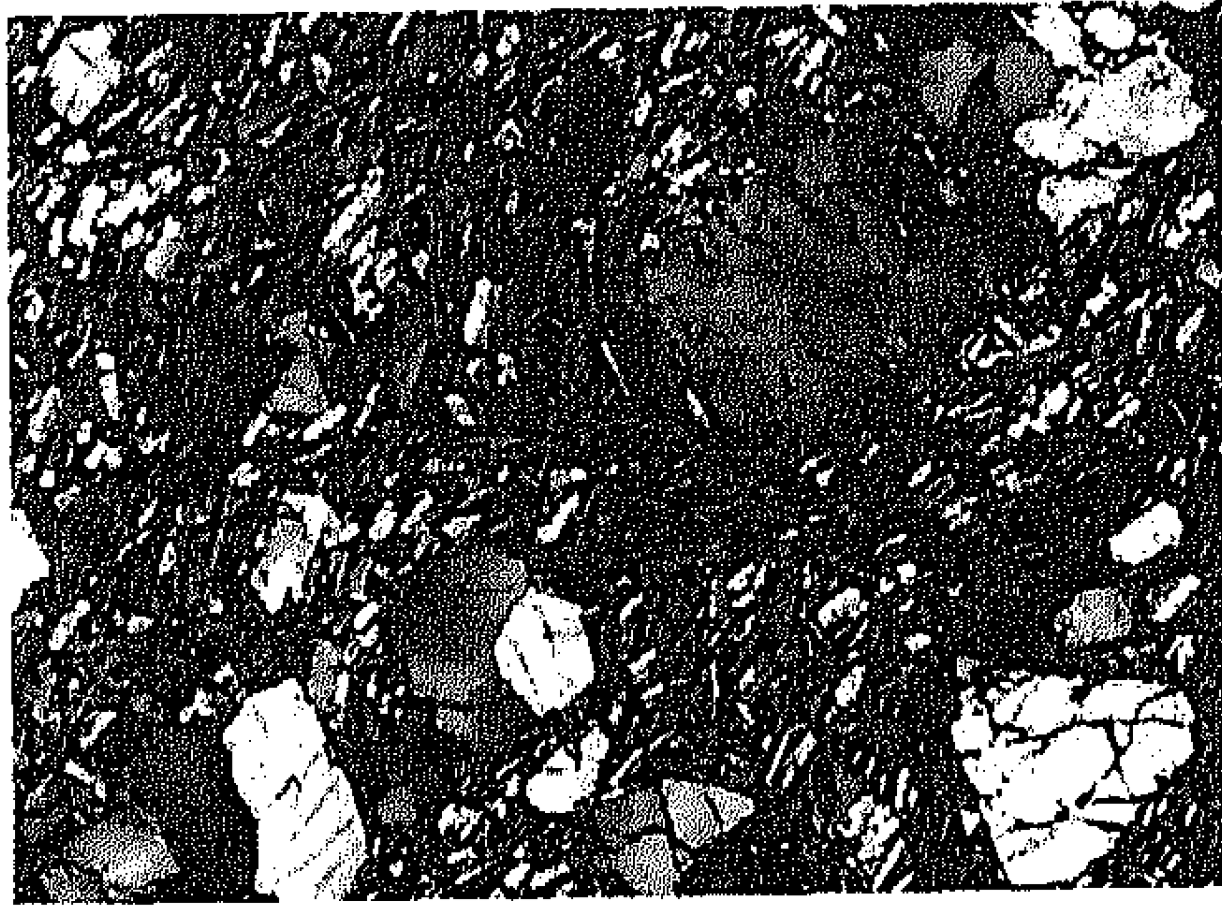
يتكون هذا النسيج عندما تختلط بلورة البلاجيوكليز على سبيل المثال بالمجما مما يؤدي إلى تآكل حوافها واختراق الصهير للتركيب البلورى لها ويسبب تآكلها (شكل ٤-٢٣). ومن الممكن أيضًا أن يتكون هذا النسيج من جراء فقدان الصهير لمحتواه من المتطايرات أثناء صعوده.



شكل ٤-٢٣. النسيج الغربالي.
From MacKenzie *et al.* (1982).

النسيج التراكيتي (trachytic texture)

حيث تتخذ بلورات البلاجيوكليز مسارات معينة حول الحبيبات الكبيرة في الحجم (الفينوكريست) تبعًا لانسيابية الصهير المكون للصخر (شكل ٤-٢٤).



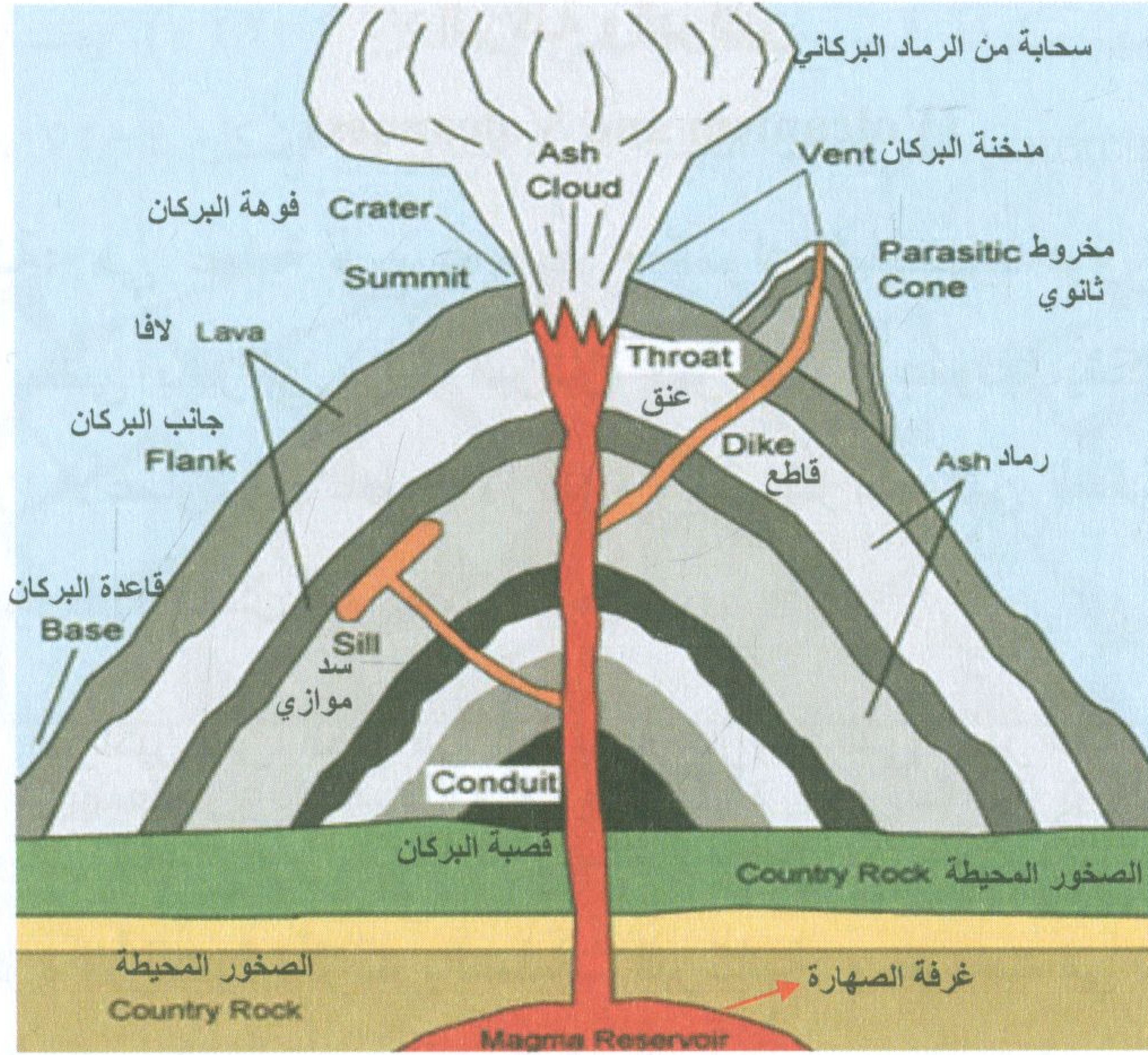
شكل ٤-٢٤. النسيج التراكيتي.
From MacKenzie *et al.* (1982).

البركنة والبراكين
(Volcanism and Volcanoes)

البركنة: هي عملية صعود وطفوح المواد المنصهرة فوق سطح الأرض مكونة ما يسمى بالبركان. أما **البركان** فهو كسرًا عموديًا يشكل منفذًا للمواد المندفعة من الأعماق إلى سطح الأرض، والتي تتراكم على المنفذ وحوله لتشكل صرحًا مخروطي الشكل في بعض الأحيان.

تعتبر البراكين من الظواهر الطبيعية الفريدة التي استرعت انتباه الإنسان منذ القدم وهي تلعب دورًا مهمًا في تشكيل سطح الأرض. وذلك لأن أغلب أجزاء القشرة الأرضية تأثرت بالعمليات البركانية، وخضعت في تشكيلها إلى مساهمة هذه العمليات. وتفيد دراسة البراكين في التعرف على مراكز الهزات الأرضية، ودراسة البراكين فرع من فروع الجيولوجيا، والذي أصبح قائمًا بذاته يعرف باسم علم البراكين (volcanology)، والبراكين يصاحبها تكون معادن وخامات مهمة جدًا من الناحية الاقتصادية.

يوضح شكل (٤-٢٥) الأجزاء التي يتكون منها البركان. يتكون البركان المخروطي من حطام صخري أو لافا متصلبة، وهي المواد التي يقذفها البركان من فوهته، وكانت كلها أو بعضها في حالة منصهرة. يتراوح اتساع هذه الفوهة بين أقل من ١ كم وبضع الكيلومترات. وتنبثق من الفوهة على فترات، غازات، وكتل صخرية، وقذائف، وحمم، ومواد منصهرة (لافا) من خلال ممر يعرف باسم مدخنة أو قصبة البركان وهي قناة تمتد من قاع الفوهة إلى أسفل حيث تتصل بحجرة الصهير في جوف الأرض. وبجانب المدخنة الرئيسة، قد يكون للبركان عدة مداخن تتصل بفوهات ثانوية.



شكل ٤-٢٥. أجزاء البركان.

النتاج البركاني (Volcanic Products)

يتكون النتاج البركاني نتيجة وصول الصهارة إلى السطح، حيث تتفكك لتعطي موادًا مختلفة الأحجام والتراكيب، ويمكن تمييز المواد التالية:

(أ) المواد الغازية (Gaseous Materials):

وهي بخار الماء، وثاني أكسيد الكربون، والهيدروجين، وغازات تحتوي على الكبريت والكلورين والأكسجين، وهي أول ما يخرج من منفذ البركان (شكل ٤-٢٦)، وتكون هذه المواد الغازية ذائبة في الصهارة قبل الاندفاع البركاني.



شكل ٤-٢٦. كميات هائلة من الغازات منطلقة مع بداية الانفجار البركاني.

(ب) المواد السائلة (Liquidus Materials)

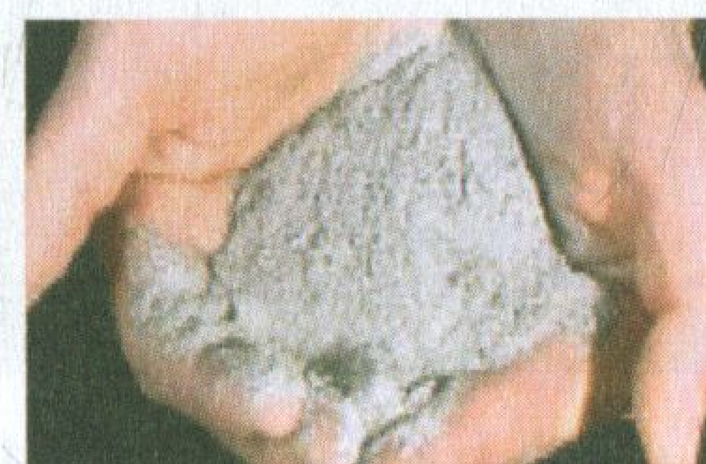


شكل ٤-٢٧. كميات هائلة من المواد السائلة منطلقة مع الانفجار البركاني.

تتمثل المواد السائلة في اللافا، وهي تنتج عن الصهارة بعد نفث الغازات، وعندما تكون هذه الصهارة مائعة بالقدر الكافي، فإن اللافا تظهر على شكل تدفقات، تتراوح درجة حرارتها عندئذ بين ٨٠٠ و١٢٠٠ درجة مئوية (شكل ٤-٢٧)، كما أن سرعة سيلانها ترتبط على الخصوص بتركيبها الكيميائي كما سبق توضيحه مع بداية هذا الباب.

(ج) المواد الصلبة (Solidus Materials)

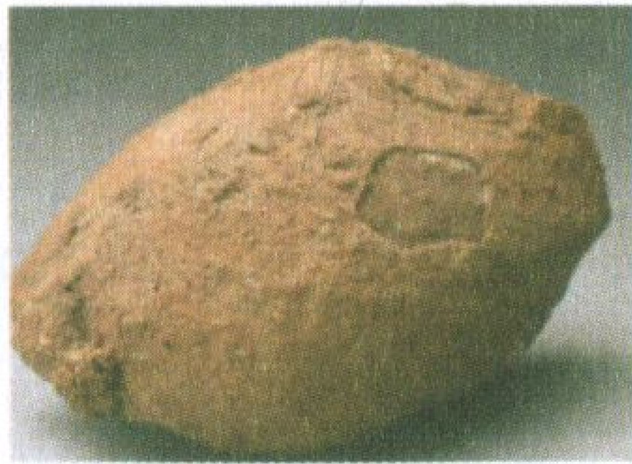
ينبثق نتيجة الانفجارات البركانية حطام صخري صلب، مختلف الأنواع والأحجام، عادة في الفترة الأولى من الثوران البركاني. تتمثل هذه المواد في الرماد البركاني (volcanic ash)، واللويبات (lapilli)، والقذائف البركانية (volcanic bombs) (شكل ٤-٢٨). يتكون الرماد من لافا مسحوقة تصعد إلى الأعلى لخفتها (أقل من ٤١١ مم) أما اللويبات فهي أجزاء فتاتية ذات أشكال مستديرة في حجم البندق (٢-٦٤ مم). والقذائف البركانية هي عبارة عن جلاميد فتاتية تقذف بعنف في الهواء (أكثر من ٦٤ مم) وتكون مصحوبة باللويبات.



رماد بركاني



لويبات



قذيفة بركانية

شكل ٤-٢٨. النتاج البركاني الصلب.

أشكال البراكين والتراكمات البركانية
(Shapes of Volcanoes and Volcanic Accumulations)

يمكن تقسيم البراكين بصفة عامة إلى أربعة أشكال:

١- البراكين الدرعية (Shield Volcanoes)

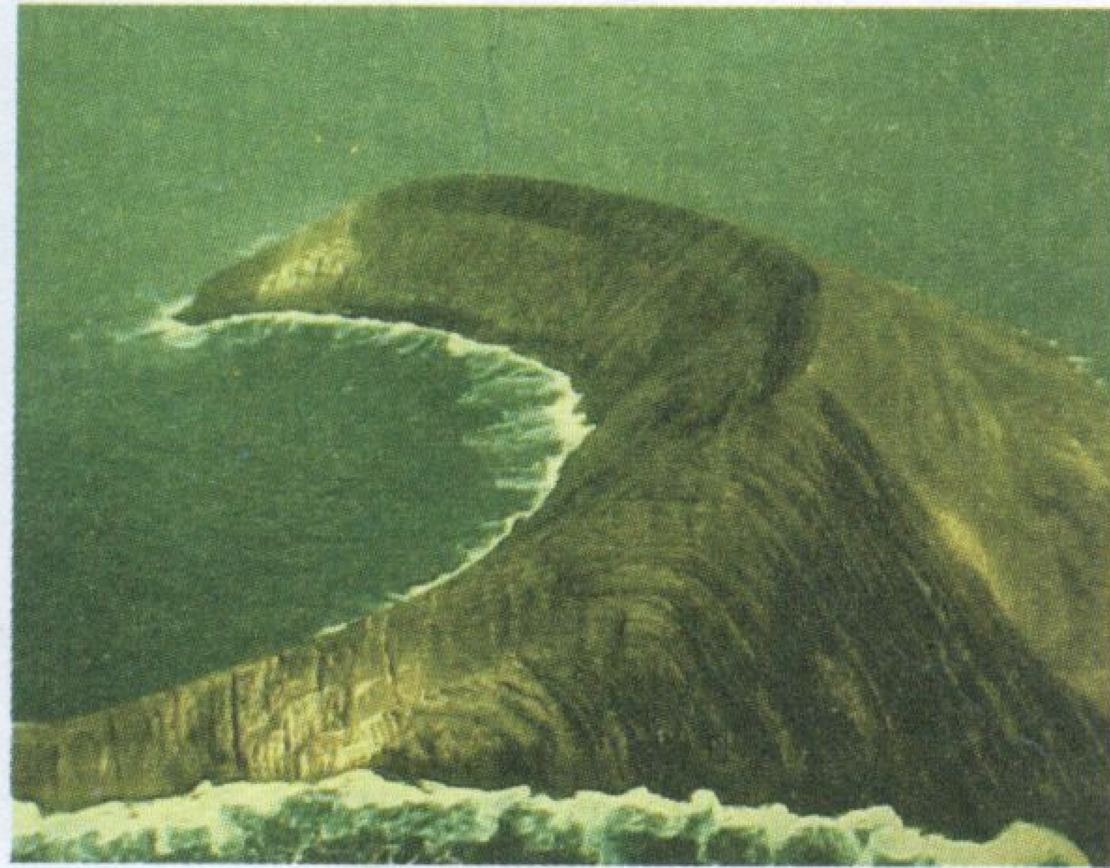
هى عبارة عن فيوض بازلتية تنتشر أفقيا إلى مسافات كبيرة، تصل إلى عشرات الكيلومترات. تتراكم هذه الفيوض على شكل قبة ضخمة ذات انحدار طفيف جدًا لا يزيد عن ١٥ درجة، ولذلك تشبه الدرع. مثال: براكين جزر الهاواى.

٢- الفيوض البازلتية (Continental Flood Basalts)

نشاط بركاني بالمناطق القارية، ناشئ عن انبثاق كميات كبيرة من البازلت العالي السيولة من شقوق الأرض، وليس من فوهات محددة، وينتشر إلى مسافات كبيرة جدًا تصل إلى مئات الكيلومترات، ويصل سمكه إلى آلاف الأمتار، ويغطي التضاريس السطحية، ويبني هضابًا عالية. مثال: هضبة الداكن في الهند، والحرات فى غرب المملكة العربية السعودية.

٣- مخروط التراب البركانى (Cinder Cone)

يتكون من فتات بركاني، ويكون صغير الحجم، حيث لا يزداد اتساع قاعدته عن بضعة أمتار، وارتفاعه في حدود ٣٠٠ مترًا، ويتميز بالانحدار الشديد لجوانبه (شكل ٤-٢٩).



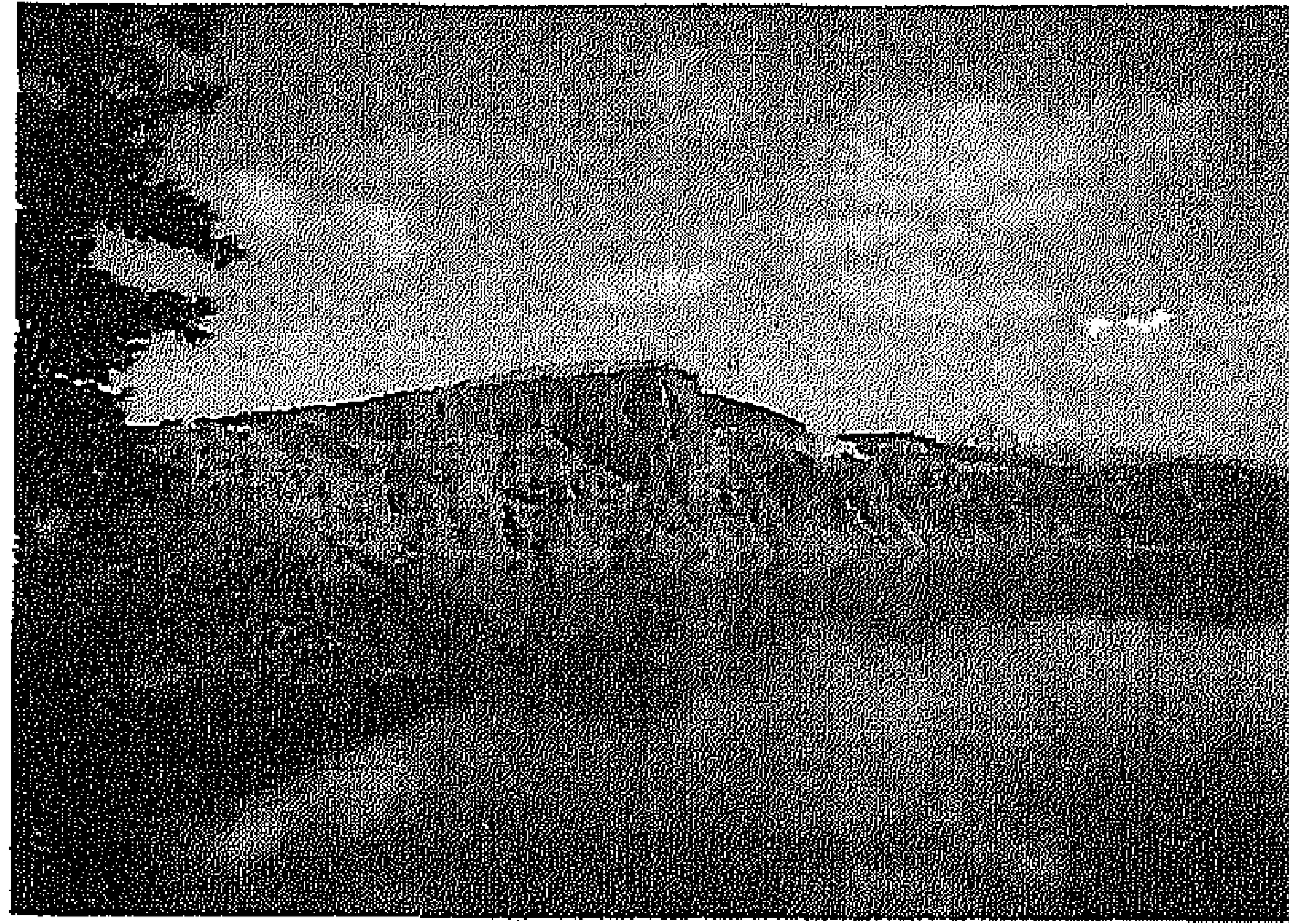
شكل ٤-٢٩. مخروط التراب البركاني بجزر هاواي.

٤- المخروط المركب (Composite Cone)

يشبه المخروط الترابي، ولكنه أكبر حجمًا، ويحتوي أيضًا على فيوض لافيّة متبادلة مع طبقات الفتات البركاني، وكل البراكين الموجودة حول المحيط الهادي من هذا النوع، وكل نواتجها من التركيب الأنديزيتى. مثال بركان فيزوفيوس الشهير فى إيطاليا.

٥- الكالديرا (Caldera)

عبارة عن فوهات بركانية واسعة جدًا، تنشأ من انهيار الجزء العلوي من المخروط البركاني، نتيجة تفريغ غرفة الصهارة الكامنة تحت البركان من الصهير. وبعد خمود النشاط البركاني تمتلئ هذه الفوهات بماء الأمطار وتكون بحيرات. مثال: بحيرة كريتر ليك (Crater Lake) بشمال غرب أمريكا (شكل ٤-٣٠).



شكل ٤-٣٠. بحيرة كريتر ليك (Crater Lake)، شمال غرب أمريكا.

٦- الأنابيب البركانية (Volcanic Pipes)

عند خمود النشاط البركاني، تتجمد اللافا فى الممر الموصل بين الفوهة والغرفة الصهارية (انظر شكل ٤-٢٥)، وغالبًا ما تكون هذه اللافا أكثر صلابة من الصخور التي تكوّن المخروط، وتؤدي عمليات التعرية بعد ذلك إلى إزالة المخروط البركاني أسرع من الأنبوب، فيبقى بارزًا لأعلى.

تصنيف البراكين (Volcanoes Classification)

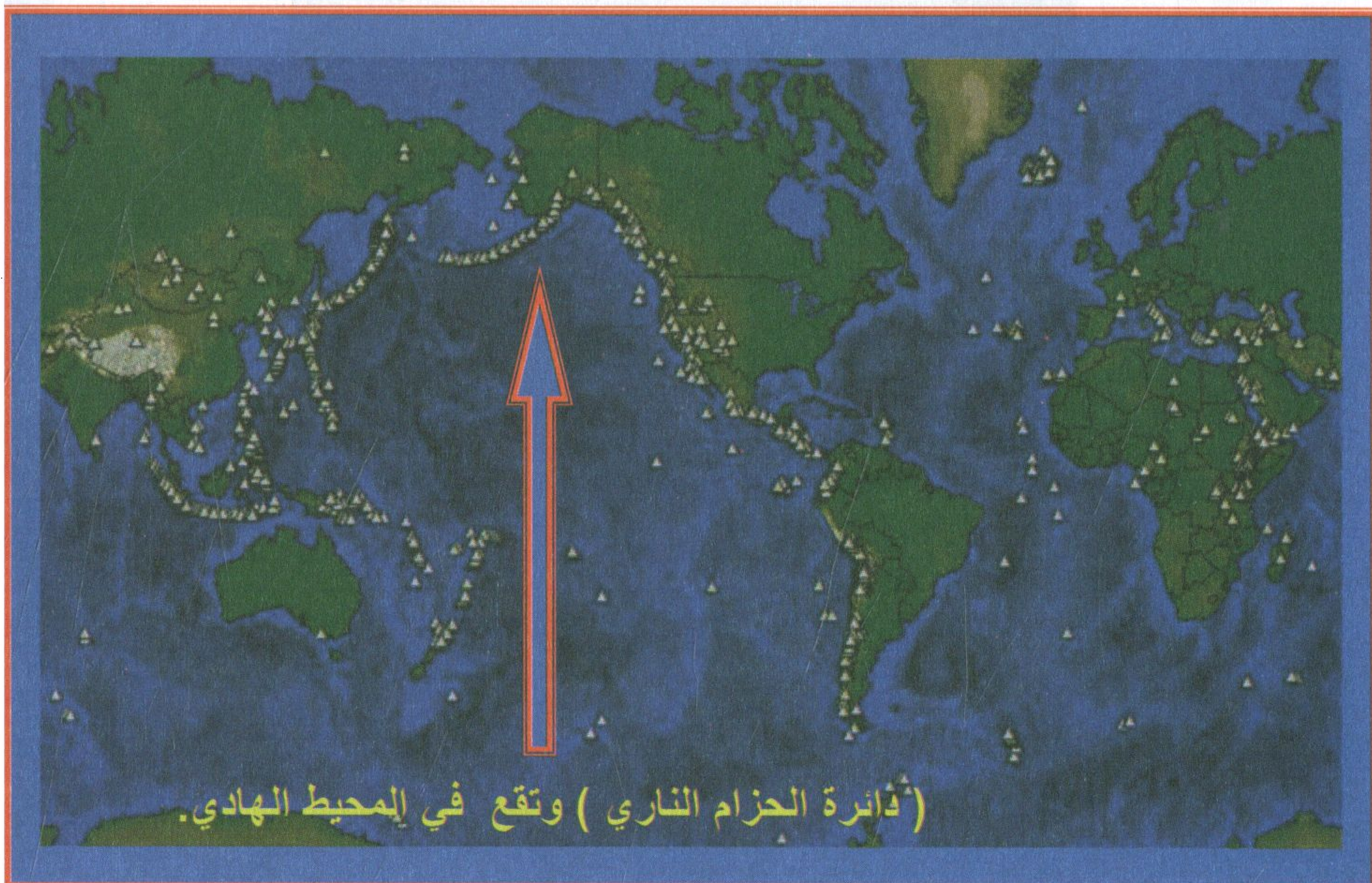
هناك أكثر من ٨٠٠ بركان نشط حاليًا على وجه الأرض، ٥٠٠ منها فقط على حواف المحيط الهادي، والمسماة بدائرة الحزام الناري (شكل ٤-٣١)، ونفس العدد تقريبًا من البراكين الساكنة. هذا بالإضافة إلى العديد من البراكين التي صنفت على أنها هامدة. ويكتسب البركان صفته كالتالي:

البركان النشط (Active Volcano)

إذا كان البركان ثائرا أو تظهر به علامات النشاط من حدوث زلازل أو انبعاثات غازية.

البركان الساكن

لا تظهر علامات نشاط على البركان، ولكن بإمكانه الانفجار، وقد ثار بالفعل في خلال العشرة آلاف سنة الماضية.



شكل ٤-٣١. النشاط البركاني على حواف المحيط الهادي والمسمى بدائرة الحزام الناري.

البركان الهامد (Inactive Volcano)

لم ينفجر البركان خلال العشرة آلاف عام الأخيرة، أو من الواضح أن البركان قد تخلص تمامًا من إمدادات الصهارة به.

وينفجر من بين براكين العالم الخمسمائة النشطة، حوالي ١٠ براكين يوميًا، وهي لا تمثل في أغلبها أي تهديد لحياة البشرية أو غيرها. إلا أن هناك حوالي ١٩ انفجارًا عنيفًا حدثت خلال المائتي عام الماضية، تسببت في وفاة أكثر من ألف شخص.

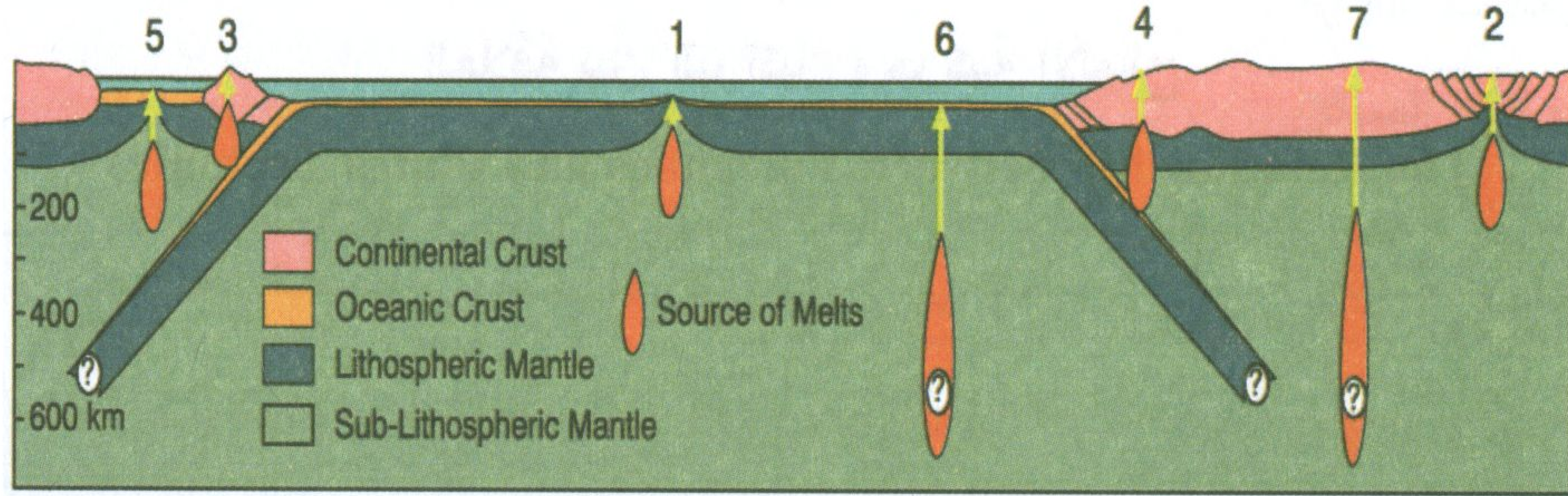
العلاقة بين البراكين وحركية الألواح
(The Relationship between Volcanoes and Plates Tectonic)

كما نعلم مسبقًا أن سطح الأرض مقسم إلى مجموعة ألواح رئيسة، وبعض الألواح الصغيرة، وتتحرك هذه الألواح فيما بينها بالتقارب، أو التباعد، أو تتحرك جنبًا إلى جنب. ومما يساعد هذه الطبقة على الحركة وجود طبقة الأستينوسفير اللدنة تحتها، مما يعطي الغلاف الصخري الفرصة على الانزلاق فوقها، وهذه العملية تمثل قوام نظرية تكتونية الألواح (plates tectonic)، وينشأ عن حركة هذه الألواح ارتفاع درجة الحرارة إلى حد انصهار الصخور، وتكوين الصهارة، وصعودها أو انفجارها على شكل بركان، ومن ثم ارتبطت مناطق التقاء هذه الألواح بثورة البراكين (شكل ٤-٣٢).

فعندما يتحرك لوحان متقابلان نحو بعضهما، يغوص أحد اللوحين تحت الآخر داخل طبقة الوشاح نتيجة فروق الكثافة بينهما، وعندما يصل اللوح المندس إلى الوشاح الساخن، فإنه ينصهر، مما يزيد من معدل تكوين الصهارة. عندما يزيد الضغط بهذه الصهارة إلى حد عدم الاستقرار، فإنها تدفع بالصخور

التي تعلوها وتصعد إلى سطح الأرض من خلال الصدوع والشقوق على شكل براكين (رقم ٣ و ٤ بشكل ٤-٣٢).

وعندما يتحرك لوحان متقابلان ليتباعدا عن بعضهما، وغالبًا ما يكون ذلك تحت مياه المحيط، تتصاعد صخور طبقة الوشاح لسدّ الفجوة الناتجة عن تلك الحركة، مقللة بذلك من الضغوط الهائلة على تلك الطبقة؛ وهو ما يؤدي إلى انصهار صخورها وتكوين الصهارة، التي ما إن تخترق القشرة الخارجية حتى تبدأ في التجمد وتملأ الفراغ بين اللوحين (رقم ١ و ٥ بشكل ٤-٣٢).



شكل ٤-٣٢. مخطط يبين نشأة البراكين وعلاقتها بالأنواع المختلفة لحركية الألواح.

١ = حيد منتصف المحيط mid-ocean ridge،

٢ = تباعد داخل القشرة القارية intra-continental rifts،

٣ = قوس محيطي island arc،

٤ = حافة قشرة قارية نشطة active continental margins

٥ = حوض خلف القوس back-arc basin

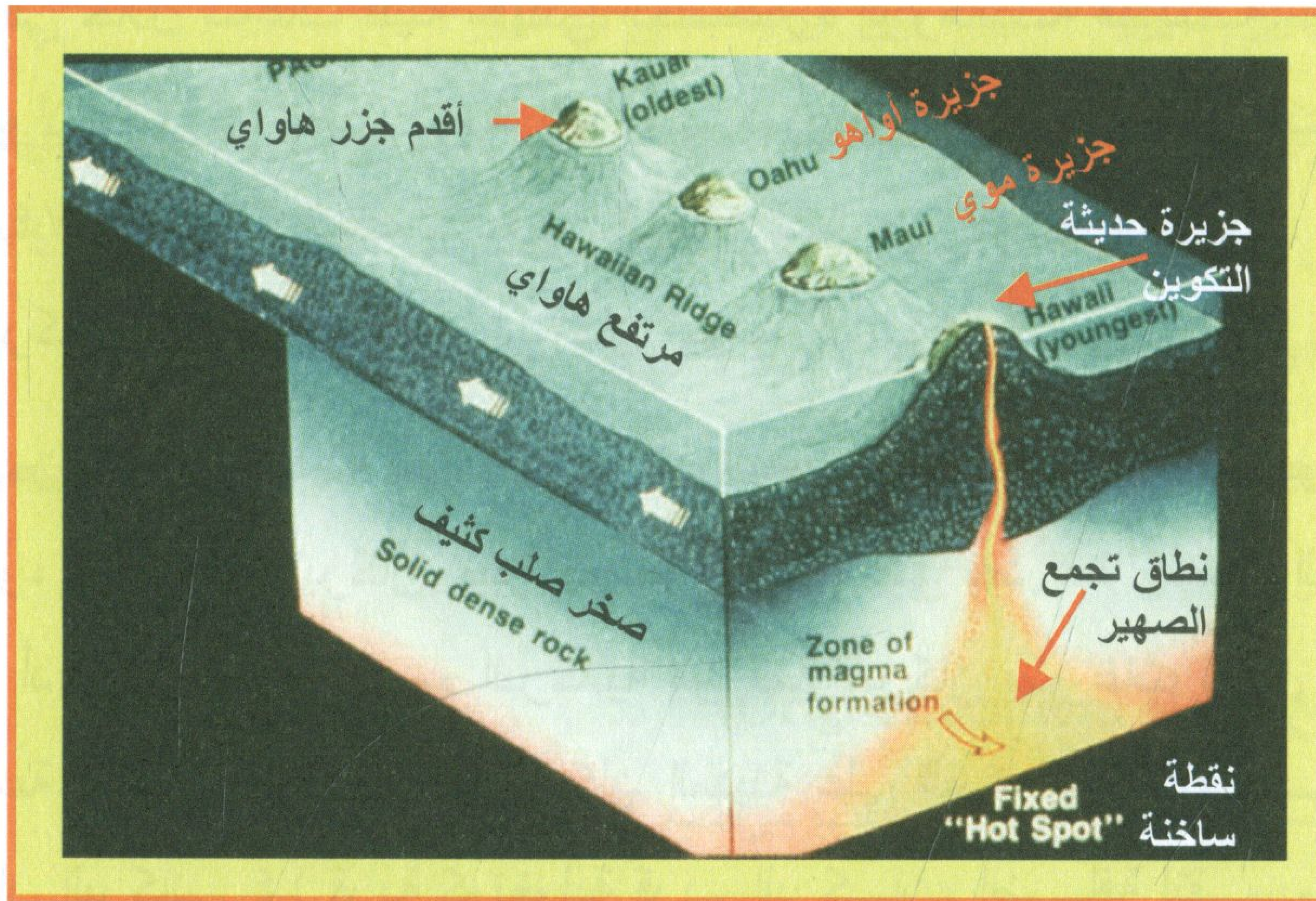
٦ = جزيرة محيطية بازلتية ocean island basalt

٧ = نشاط صهيري داخل قشرة قارية intra-continental igneous activity

ولا تقف ثورة البراكين عند مناطق التقاء الألواح التكتونية فقط، وإنما لوحظ تدفق الصهارة بداخل ألواح الليثوسفير حول الصدوع العميقة بها، حيث تتكون مادة مرتفعة الحرارة في الطبقات الداخلية من طبقة الوشاح، وترتفع إلى الطبقات الأعلى منها، فتتسبب في انصهار الصخور المحيطة بها، وهو ما يؤدي

إلى تكوين ما يسمى بالنقاط الساخنة (thermal plums) أسفل القشرة الأرضية (رقم ٦ و ٧ بشكل ٤-٣٢).

وفي حين أن النقطة الساخنة التي تكوّنت لا تتحرك من مكانها، فإن ألواح الليثوسفير تتحرك فوقها، وهو ما ينشأ عنه تكوين سلسلة من البراكين التي ما أن تعبر تلك النقطة الساخنة إلا وتخمد وتهدأ. والمثال الأشهر لتكوين البراكين بهذه الطريقة، هو جزر هاواي التي نشأت عن تدفق المادة البركانية من قاع المحيط فوق نقطة ساخنة (شكل ٤-٣٣)، وبناء مخاريط ارتفعت إلى الحد الذي علت فيه سطح المحيط مكونة سلاسل من الجزر البركانية.



شكل ٤-٣٣. مخطط يبين النشاط البركاني داخل القشرة المحيطية وكيفية تكوّن جزر هاواي.

مخاطر النشاط البركاني (Risks of Volcanic Activity)

رغم الأخطار العديدة التي سجلها التاريخ للنشاط البركاني، نجد أن الإنسان لم يعزف السكنى بجوار البراكين حتى يكون بمأمن من أخطارها، إذ نجده يقطن

بالقرب منها، بل وعلى منحدراتها أيضا. فبركان فيزوفيوس بإيطاليا تحيط به القرى والمدن، وتغطيه حدائق الفاكهة والبساتين وجميعها تنتشر على جوانبه حتى قرب قمته. وتقوم الزراعة أيضا على منحدرات بركان أثينا، في جزيرة صقلية حتى ارتفاع ١٢٠٠م في تربة خصبة تتكون من البازلت الأسود الذي تدفق فوق المنطقة أثناء العصور التاريخية.

وهذه البراكين لا ترحم، إذ تثور من وقت لآخر فتدمر قرية أو أخرى، ومن أشهر البراكين، ولعله أولها من حيث تسجيل انفجاراتها في التاريخ، بل وأكثرها دمارًا، بركان فيزوفيوس بإيطاليا، الذي انفجر عام ٧٩ بعد الميلاد ليدمر في خلال ساعات قليلة مدينتي الحضارة الرومانية القديمة: بومبيي وهركيولانيوم. وقد غطى الرماد البركاني المدينتين لدرجة أنهما لم يُكتشفا إلا عام ١٧٤٨م، بعد اكتشاف جزء من الجدار الخارجي لإحدى المدينتين. ولم يهدأ هذا البركان، بل انفجر عدة مرات كان آخرها عام ١٩٤٤م.

ومن الأمثلة الحديثة للمخاطر البركانية هو ما حدث شمال مدينة جوما في الكونغو، حين انفجر بركان "نييراجونجو" الواقع على بعد ١٠ كم من المدينة، والذي أدى إلى انحدار الحمم البركانية من قمة البركان بسرعات تصل إلى ٦٠ كم/ساعة، وأجبر ٣٠٠٠٠٠ من سكان المدينة على الفرار لرواندا، وقد دمر الانفجار البركاني ١٤ قرية كونغولية قرب البركان، إضافة لتقسيم جوما لنصفين، ونشوب حريق هائل بمطارها، بسبب تساقط بعض قطرات بنزين الطائرات المخزون هناك على الحمم البركانية التي دخلت المطار.

وهناك بعض التأثيرات غير المباشرة للنشاط البركاني مثل الفيضانات التي تحدث من جراء النشاط البركاني بالكالديرات والمناطق الجليدية. ومن الأخطار الأخرى ما يحدث من انزلاقات وانهيارات على منحدرات البراكين المخروطية.

تصنيف الصخور النارية
(Classification of Igneous Rocks)

هناك عدة طرق لتصنيف الصخور النارية (جدول ٤- ١) يعتمد كل منها على صفات أو خصائص معينة أهمها ما يلي:

(١) حجم الحبيبات (Grain Size)

تصنف الصخور النارية حسب حجم الحبيبات إلى:

- ظاهرة التحبب أو فانيريت (phaneritic)، وهي صخور نارية ذات حبيبات كبيرة في الحجم بحيث يمكن رؤيتها بالعين المجردة (انظر شكل ٤-٤). تميز الصخور النارية الناتجة عن تبريد بطئ للصهير.
- خفية التحبب أو أفانيت (aphanitic)، وهي صخور نارية ذات حبيبات صغيرة في الحجم حيث لا يمكن رؤيتها بالعين المجردة (انظر شكل ٤-٤)، تميز الصخور النارية الناتجة عن تبريد سريع للصهير.
- غير متبلورة أو زجاجية (glassy)، وهي صخور نارية ذات حبيبات غير متبلورة (انظر شكل ٤-٤).

(٢) موضع النشأة (Origin Location)

تصنف الصخور النارية حسب موضع النشاة إلى:

- الصخور النارية الجوفية أو البلوتونية (plutonic rocks):

- هي صخور تكونت على أعماق كبيرة فى جوف الأرض (شكل ٤-٣٤).
- تتميز بالحبيبات المتوسطة إلى الخشنة، والتي يمكن رؤيتها بالعين المجردة.
- توجد على هيئة كتل ضخمة ومتداخلات شاسعة.
- مثل صخور الجرانيت والديوريت والجابرو.

جدول ٤-١. تصنيف عام للصخور النارية.

وجه التصنيف	التصنيف
بناءً على حجم الحبيبات	• ظاهرة التحبب أو فانيريت (phaneritic) • خفية التحبب أو أفانيت (aphanitic) • غير متبلورة أو زجاجية (glassy)
بناءً على موضع النشأة	• صخور نارية جوفية (plutonic rocks) • صخور نارية بركانية (volcanic rocks) • صخور نارية تحت السطحية (hypabyssal)
بناءً على النسيج	• درجة التبلور: ▪ زجاج كلي (holohyaline) ▪ خليط من الزجاج والبلورات (hypocrystalline) ▪ بلورات كلية (holocrystalline) • درجة التحبب: ▪ دقيقة التحبب (fine grained) ▪ متوسطة التحبب (medium grained) ▪ خشنة التحبب (coarse grained) ▪ شديدة الخشونة (very coarse grained) • شكل الحبيبات: ▪ كاملة الأوجه (euhedral) ▪ ناقصة الأوجه (subhedral) ▪ عديمة الأوجه (anhedral)
بناءً على التركيب الكيميائي	• صخور فلسية (felsic) • صخور متوسطة (intermediate) • صخور مافية (mafic) • صخور نارية فوق مافية (ultramafic)
بناءً على اللون	• فاتحة اللون (leucocratic) • غامقة اللون (melanocratic)

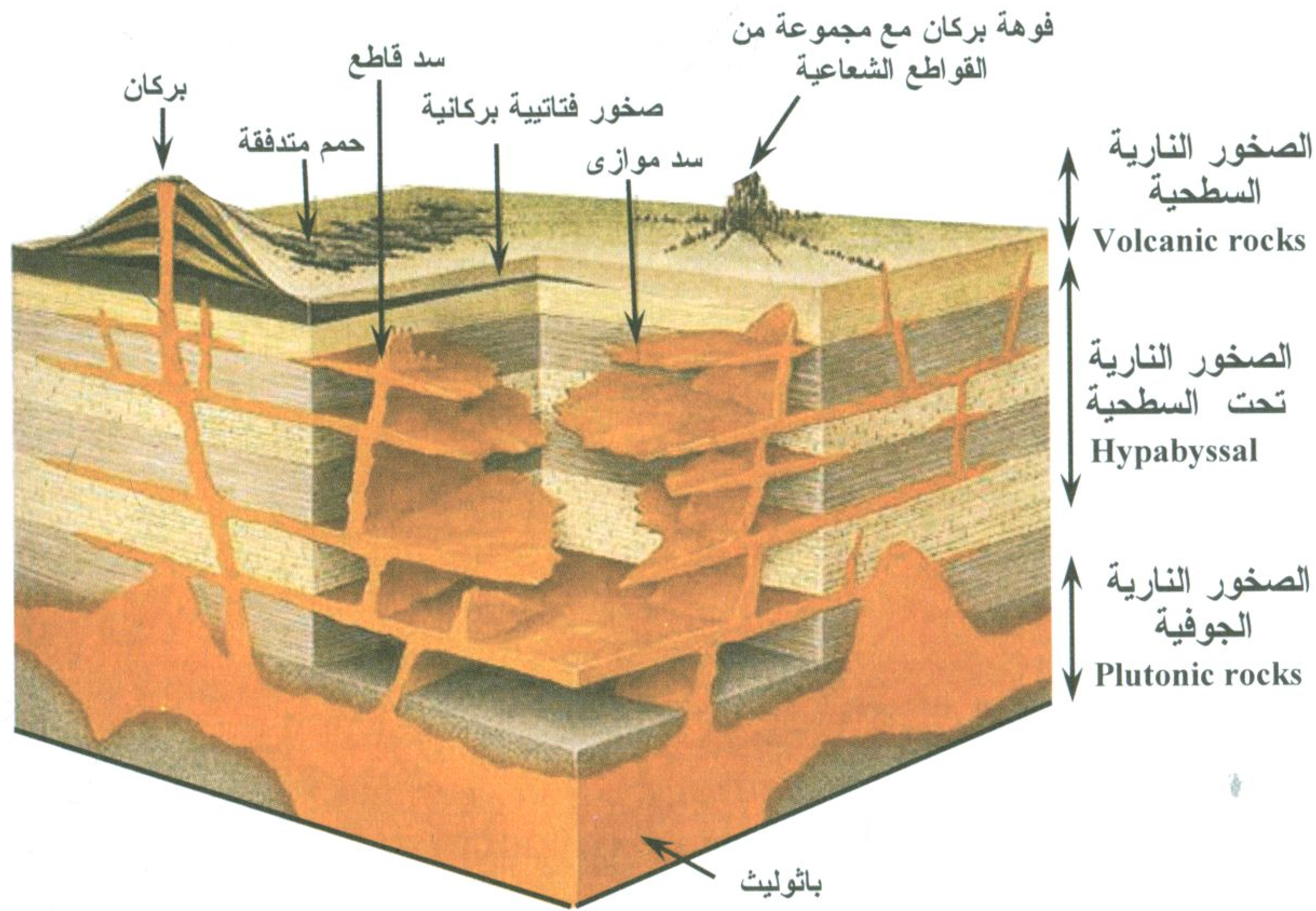
- الصخور السطحية أو البركانية (volcanic rocks):

– هي صخور تكونت على سطح الأرض (شكل ٤-٣٤).

– تتميز بالحبيبات الدقيقة أو الزجاجية (glassy) والتي يصعب رؤيتها بالعين المجردة.

– توجد على هيئة حمم متدفقة أو مخاريط بركانية أو فتات بركاني.

– مثل صخور الريوليت والداسيت والبازلت.



شكل ٤-٣٤. تصنيف الصخور النارية حسب موضع النشأة.

- الصخور تحت السطحية (hypabyssal):

– هي الصخور النارية المتداخلة والتي تتوسط في موضعها كلاً من الصخور الجوفية المتكونة عند أعماق كبيرة، والصخور البركانية السطحية (شكل ٤-٣٤).

– حبيباتها دقيقة ترى بالعين المجردة ولا تحتوي على زجاج.

– يسود فيها النسيج البورفيري.

- توجد على هيئة قواطع (dykes) أو جُدُد (sills).

(٣) النسيج (Texture)

النسيج هو العلاقة الشكلية والهندسية المتبادلة بين المكونات المعدنية، أو المادة الزجاجية في الصخر. يعتمد النسيج عمومًا على مكان تبريد الصهير وطريقته. تنشأ هذه الصفات نتيجة تبلور المعادن من الصهارة وتراكمها على بعضها، أو التحامها مع بعضها بطرق وأنماط مختلفة. يعتمد النسيج على:

- درجة التبلور:

- وهي كمية البلورات مقابل الزجاج في ذلك الصخر.
- تعتمد درجة التبلور على كل من معدل التبريد واللزوجة.
- يؤدي التبريد السريع إلى تكون الزجاج البركاني، بينما التبريد البطيء يؤدي إلى تكون البلورات ونموها.
- تعيق اللزوجة العالية تحرك الأيونات إلى مواقع التبلور، وبذلك تمنع من تكون البلورات.
- توصف درجة التبلور على إنها زجاجًا كليًا (holohyaline) أو خليط من الزجاج والبلورات (hypocrystalline) أو بلورات كلية (holocrystalline) (شكل ٤-٣٥).

- درجة التحبب: تقسم الصخور النارية حسب حجم حبيباتها إلى:

- دقيقة التحبب (fine grained) (أقل من ١ مم).
- متوسطة التحبب (medium grained) (١-٥ مم).
- خشنة التحبب (coarse grained) (٥-١٠مم).
- شديدة الخشونة (very coarse grained) (بيجماتيتي) (أكثر من ١٠مم).

- شكل الحبيبات: تقسم أشكال الحبيبات إلى:

- كاملة الأوجه (euhedral).

- ناقصة الأوجه (subhedral).
- عديمة الأوجه (anhedral).



شكل ٤-٣٥. (أ) زجاج كلي (holohyaline)، (ب) خليط من الزجاج والبلورات (hypocrystalline)، (ج) بلورات كلية (holocrystalline).

(٤) التركيب الكيميائي (Chemical Composition)

تصنف الصخور النارية حسب محتواها من السيليكا الى أربعة مجموعات:

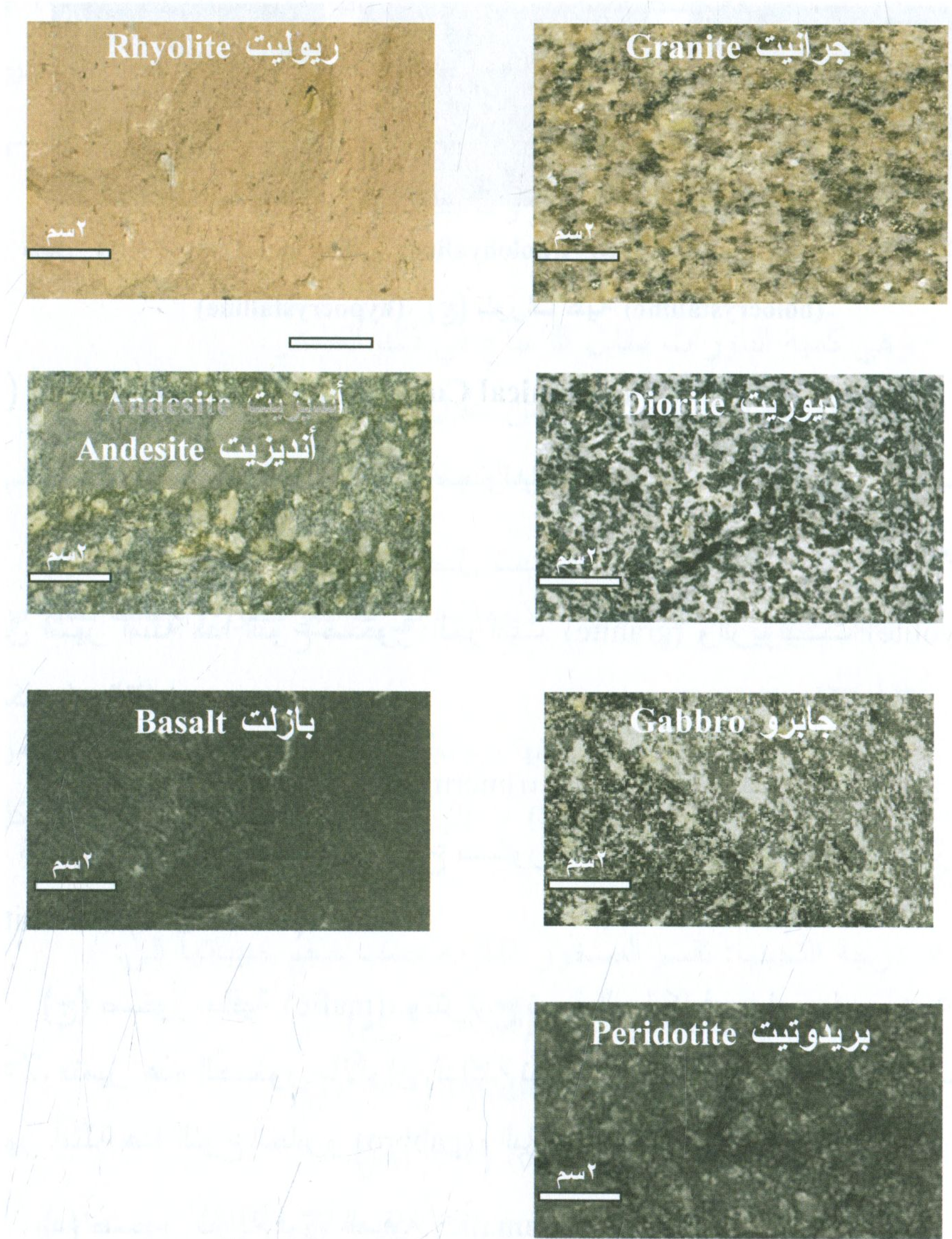
(أ) صخور فلسية (felsic)، وتصل نسبة السيليكا فيها إلى أكثر من ٦٦٪ ومن أشهر أمثلة هذا النوع صخور الجرانيت (granite) والريوليت (rhyolite) (شكل ٤-٣٦).

(ب) صخور متوسطة (intermediate)، وتتراوح نسبة السيليكا فيها من ٥٢ ـ ٦٦ ٪ ومن أشهر أمثلة هذا النوع صخور الديوريت(diorite) والأنديزيت (andesite) (شكل ٤-٣٦).

(ج) صخور مافية (mafic)، وتتراوح نسبة السيليكا فيها ما بين ٤٥-٥٢٪. تتميز هذه الصخور بالألوان الداكنة نظرًا لزيادة المعادن المافية، ومن أشهر أمثلة هذا النوع الجابرو (gabbro) والبازلت (basalt) (شكل ٤-٣٦).

(د) صخور نارية فوق المافية (ultramafic)، وتصل نسبة السيليكا فيها إلى أقل من ٤٠٪، وتتميز هذه الصخور بالألوان القاتمة، بسبب احتوائها على نسبة

عالية من المعادن الداكنة (المافية) مثل الأوليفين والبيروكسين. ومن أشهر أمثلة هذا النوع صخور الدونيت (dunite) والبريدوتيت (peridotite) (شكل ٤-٣٦).



شكل ٤-٣٦. أنواع الصخور النارية.

(٥) اللون (colour)

يعتمد هذا التصنيف على نسبة المعادن الداكنة في الصخر حيث تنقسم الصخور بشكل عام إلى:

- صخور فاتحة اللون (leucocratic)، والتي تحتوي على ٠-٣٠٪ معادن داكنة اللون.
- صخور داكنة اللون (melanocratic)، والتي تحتوي على ٦٠-١٠٠٪ معادن داكنة اللون.

بعض الحقائق العامة

- إن حوالي ٧٥٪ من براكين العالم تتوزع على حافة المحيط الهادي. ومع أن ٨٠٪ من هذه البراكين تقع على الأجزاء اليابسة من القارات، فإن هناك براكين عديدة تثور في قاع المحيطات.
- حصلت أكبر ثورة بركانية في التاريخ في تامبورا في جزيرة سامباوا بإندونيسيا يوم ٥-٧ أبريل ١٨١٥م حيث قدرت مساحة النواتج البركانية المقذوفة بحوالي ٨٠ كم٢ والطاقة الناتجة عنه بحوالي $8,4 \times 10^{26}$ إرج. وتكونت له فوهة قطرها ١١ كم وقتل بسبب ثورته ٩٠٠٠٠ نسمة.
- أطول مسافة قطعتها الحمم البركانية كانت ٧٠ كم ناتجة عن بركان لاكي، جنوب شرق آيسلندا عام ١٨٧٣.
- حدث أعظم انفجار بركاني في ٢٧ أغسطس ١٨٨٣م في جزيرة كراكاتو الواقعة بين سومطرة وجاوة، وقضى على ١٦٣ قرية وقتل حوالي ٤٠٠٠٠ نسمة، وتدفقت الحمم لعلو ٥٥ كم، واندفع الغبار البركاني ليقطع مسافة ٥٣٣٠ كم خلال عشرة أيام.
- أوسع فوهة بركانية هي فوهة بركان توبا بجزيرة سومطرة مساحتها ١٧٧٥ كم٢.

جدول ٤-٢. وصف مختصر للأنواع الرئيسة من الصخور النارية.

أولاً : الصخور الفلسية

اسم الصخر	مكان التواجد	المحتوى المعدني	أهم الأنسجة المميزة	
الجرانيت (granite)	صخر جوفي.	يتكون من كوارتز (١٠-٤٠٪) – فلسبار بوتاسي (٣٠-٦٠٪) – بلاجيوكليز صودي (٠-٣٠٪) – ميكا (بيوتيت – مسكوفيت) وقد يوجد الهورنبلند ولكن بنسبة أقل من المعادن السابقة.	خشن التحبب وقد يكون أحيانا متوسط أو دقيق التحبب.	
الريوليت (rhyolite)	المكافىء البركانى للجرانيت.	يشبه تركيب الريوليت المعدني تركيب الجرانيت.	حبيباته دقيقه لا ترى بالعين المجرده.	

ثانياً : الصخور المتوسطة

اسم الصخر	مكان التواجد	المحتوى المعدني	أهم الأنسجة المميزة	
الديورايت (diorite)	صخر جوفي.	يتكون من معدنين أساسيين هما البلاجيوكليز والهورنبلند، مع وجود نسبة من المعادن الأخرى مثل الكوارتز والفلسبار البوتاسي والبيروكسين.	خشن التحبب.	
الأنديزيت (andesite)	المكافىء البركانى للديوريت.	تركيبة المعدني شبيه بالديوريت.	دقيق التحبب أو بورفيري.	

ثالثاً: الصخور المافية

اسم الصخر	مكان التواجد	المحتوى المعدني	أهم الأنسجة المميزة	
الجابرو (gabbro)	صخر جوفي.	يتكون من معادن البيروكسين (أوجايت) والأوليفين والهورنبلند والبلاجيوكليز الكلسي.	خشن التحبب.	
البازلت (basalt)	المكافىء البركاني للجابرو.	تركيبة المعدني شبيه بالجابرو.	دقيق التحبب أو بورفيري.	

رابعاً: الصخورفوق المافية

اسم الصخر	مكان التواجد	المحتوى المعدني	أهم الأنسجة المميزة	
البيريدوتيت (peridotite)	صخر جوفي.	يتكون أساسًا من معدني الأوليفين والبروكسين بالإضافة إلى بعض المعادن المافية الأخرى مثل الهورنبلند.	خشن التحبب.	
الكوماتييت (comatiite)	المكافىء البركاني للبريدوتيت.	تركيبة المعدني شبيه بالبريدوتيت.	دقيق التحبب أو بورفيري.	

أسئلة وتدريبات

١ – اكتب المصطلح (المفهوم) العلمي الذي تدل عليه كل من العبارات الآتية:

١) مادة صخرية طبيعية لها القدرة على التداخل وتتكون أساسًا من سائل ذي تركيب سيليكاتي في درجة حرارة وضغط مرتفعتين مع كميات صغيرة من المواد الغازية المتطايرة والبلورات العالقة. ....

٢) تتابع تبلور المعادن من الصهير مع انخفاض درجة الحرارة ....

٣) أجسام نارية منبسطة على سطح الأرض وممتدة إلى مساحات متسعة وتقذف إلى الخارج عن طريق شقوق في القشرة الأرضية أو عن طريق مخاريط بركانية. ....

٤) أجسام من صخور نارية عدسية الشكل تتكون عندما ينحشر الصهير اللزج بين طبقتين من الصخور الرسوبية ولا يتعدى اتساع معظم أحجامها أكثر من بضعة كيلومترات. ....

٥) أكبر الأجسام المتداخله الجوفية وتغطي صخوره مساحات شاسعة (الآف الكيلومترات) ويتكون من صخور جرانيتية. ....

٦) احتواء الصخر على نوعين من البلورات مختلفين في الحجم وزمن التبلور. ....

٧) صخور ذات ألوان قاتمه بسبب احتوائها على نسبة عالية من المعادن المافية الداكنة مثل الأوليفين والبيروكسين. ....

٨) صخور ذات ألوان فاتحة تحتوي على نسبة كبيرة من المعادن الفلسية مثل الكوارتز والفلسبار البوتاسي. ....

٩) صخر جوفي ــ فلسي ــ فاتح اللون ــ خشن الحبيبات. ....

١٠) صخر بركاني ــ فلسي ــ حبيباته دقيقه لا ترى بالعين المجردة. ....

٢- اذكر باختصار ما المقصود بكل من:

- الصهارة:
- اللزوجة:
- التبلور:
- النسيج البورفيري:
- النسيج الفقاعي واللوزي:
- النسيج الميجدالي:

٣- أكمل الآتى:

١- تصنف أنسجة الصخور النارية حسب حجم حبيباتها إلى:

....

٢- تصنف المعادن المكونة للصخور النارية إلى ثلاثة أنواع هي:

....

٣- اذكر مرادفات الصخور التالية:

١. ________ = جرانيت

٢. ________ = بازلت

٣. ديوريت = ________

٤. ________ = بريدوتيت

٤- تقسم الصخور النارية حسب موقع التكوين إلى:

١..

٢..

٣..

٥- إذا كان الصخر الناري يتكون من بلورات يمكن رؤيتها بالعين المجردة، فإن نسيجه يسمى...............

٦- إذا كان الصخر الناري يتكون من بلورات لا يمكن رؤيتها بالعين المجردة، فإن نسيجه يسمى...............

٧- لو أن لدينا مجما جرانيتية تم تبريدها داخل الأرض، ما نوع الصخر الذى ممكن أن يتكون؟ وما هو اسم الصخر الذي يتكون على السطح من نفس المجما؟.................................

٤- علل لما يأتي (اذكر السبب العلمي) (بم تفسر؟):

١-تتبلور معادن الأوليفين والبيروكسين في بداية سلسلة باون المنفصلة.

٢-لا يوجد النسيج الزجاجي بالصخور الجوفية.

٣-تكون النسيج البورفيري.

٥- ضع بين القوسين علامة √ أو X أمام العبارات التالية (ثم صحح الخطأ إن وجد):

١- الكوارتز هو أول معدن يتبلور بسلسلة باون. ( )

٢- تتبلور معادن الأمفيبول قبل معادن البيروكسين بسلسلة باون. ( )

٣- درجة الانصهار لمعدن الأوليفين أعلى من تلك للكوارتز. ( )

٤- تتميز الصخور النارية الجوفية بالنسيج الخشن الحبيبات. ( )

٥- الصهير المافي أكثر لزوجة من الصهير الفلسي. ( )

٦- تتميز الصخور البركاني بدقة حجم الحبيبات. ( )

٧- يتكون الجرانيت من معادن غامقة اللون مثل الأوليفين والبيروكسين. ( )

٨- اللاكوليث عبارة عن أجسام نارية قاطعة للصخور الأخرى ولا يتعدى. ( )

٩- الجابرو والبازلت أمثلة للصخور النارية الفلسية. ( )

١٠- الريوليت هو صخر ناري فلسي جوفي. ( )

١١- ينشأ النسيج البورفيري من تبريد بطئ للمجما يتبعه تبريد سريع. ( )

١٢ – الحبيبات الخشنة تتكون نتيجة تبريد سريع. ( )

٦- اختر الإجابة الصحيحة من الاحتمالات الواردة أسفل كل عبارة فيما يلي:

١- ينشأ النسيج البورفيري:

☐ تبريد بطئ للمجما يتبعه تبريد سريع

☐ تبريد سريع للمجما يتبعه تبريد بطئ

☐ تبريد سريع جدًا للمجما

☐ هروب فقاعات الغاز أثناء تبريد اللافا

٢- أثناء تبلور المجما البازلتية،...................... هو أول معدن يتبلور

☐ أوليفين

☐ بيروكسين

☐ بلاجيوكلاز

☐ كوارتز

٣- الحبيبات الخشنة تتكون نتيجة للعوامل التالية:

☐ تبريد بطئ، لزوجة منخفضة وعدد قليل من أنوية البلورات

☐ تبريد سريع، لزوجة منخفضة وعدد قليل من أنوية البلورات

☐ تبريد بطئ، لزوجة منخفضة وعدد كثيرمن أنوية البلورات

☐ تبريد سريع، لزوجة مرتفعة وعدد قليل من أنوية البلورات

٤- ينعكس معدل التبريد للمجما من........................

☐ النسيج

☐ اللون

☐ الكثافة

☐ المحتوى المعدني

٥- أين يمكن أن تتوقع وجود البلورات الأكبر في الحجم باللافا المتدفقة؟

☐ بالقرب من سطح اللافا

☐ بمركز اللافا

☐ بالقرب من الجزء السفلي للافا

☐ تكون البلورات متساوية الحجم في جميع أجزاء اللافا

٦- حسب تتابع تبلور المعادن بسلسلة باون، أي زوج من المعادن الآتية لا يتناسب وجودهما سويًا؟

☐ الكوارتز والفلسبار البوتاسي

☐ البلاجيوكليز الغني بالكالسيوم والأوليفين

☐ البلاجيوكليز الغني بالصوديوم والأمفيبول

☐ الكوارتز والأوليفين

٧- حسب تتابع تبلور المعادن بسلسلة باون، آخر معدن يتكون هو:

☐ البلاجيوكليز

☐ الأوليفين

☐ الكوارتز

☐ البيروكسين

٨- الصخر الدقيق التحبب (aphanitic) والذي يعادل الجرانيت هو:

☐ الريوليت

☐ الجابرو

☐ الأنديزيت

☐ البازلت

٩- صخر خشن التحبب (phaneritic) والذي يعادل البازلت هو:

☐ الريوليت

☐ الجابرو

☐ الأنديزيت

☐ الجرانيت

١٠- تتكون القشرة القارية من صخور:

- ☐ الريوليت
- ☐ الجابرو
- ☐ الأنديزيت
- ☐ الجرانيت

١١- تتكون القشرة المحيطية من صخور:

- ☐ الريوليت
- ☐ الجابرو
- ☐ الأنديزيت
- ☐ البازلت

١٢- أي من الصخور الآتية نجد به النسيج الفقاعي؟

- ☐ الجرانيت
- ☐ الأوبسيديان
- ☐ البازلت
- ☐ النشق (Pumice)

١٣- أي من الصخور الآتية نجد به النسيج الزجاجي؟

- ☐ الجرانيت
- ☐ الأوبسيديان
- ☐ البازلت
- ☐ النشق

١٤- مع تبلور الصهير، يصبح البلاجيوكليز أكثر غنى بـــ

- ☐ البوتاسيوم
- ☐ الصوديوم
- ☐ الكالسيوم
- ☐ الماغنسيوم

١٥- أي المعادن الآتية أكثر غنى بالحديد والماغنسيوم:

☐ البلاجيوكليز
☐ الألوفين
☐ البيروكسين
☐ الكوارتز

١٦- أي من الصخور الآتية لها نفس التركيب الكيميائي؟

☐ الجرانيت والأنديزيت
☐ الديوريت والبازلت
☐ الجابرو والبازلت
☐ الجابرو والريوليت

17- Igneous rocks which form at the surface are said to be ....

☐ Extrusive
☐ Intrusive

18- Igneous rocks which form beneath the surface are said to be ....

☐ Extrusive Intrusive

19- Igneous rocks of this composition crystallize at very high temperature.

☐ Granitic
☐ Basaltic
☐ Andesitic
☐ Ultramafic

20- Igneous rocks of this composition contain quartz and K-feldspar minerals.

☐ Granitic
☐ Basaltic
☐ Andesitic
☐ Ultramafic

21- Igneous rocks of this composition contain pyroxene and Ca-rich plagioclase minerals.
- ☐ Granitic
- ☐ Basaltic
- ☐ Andesitic
- ☐ Ultramafic

22- ………………… Crystallize at lowest temperature.
- ☐ Granitic
- ☐ Basaltic
- ☐ Andesitic
- ☐ Ultramafic

23- Rocks that contain voids left by gases that escape as lava solidifies are said to exhibit a ……………….. texture.
- ☐ Phaneritic
- ☐ Vesicular
- ☐ Aphanitic
- ☐ Porphyritic

٧- أجب على الأسئلة الآتية:

١- ناقش تتابع تبلور المعادن من المجما في ضوء سلسلة تفاعلات باون (Bown reaction series) (موضحًا الإجابة بالرسم)؟

٢- ارسم رسم توضيحي يبين التواجد الشكلي للصخور النارية (الحمم المتدفقة lava flows، ومخاريط بركانية volcanic cones، والقواطع dykes، والسدود sills، واللاكوليث lacolith، والباثوليث batholith)؟

٣- اذكر ثلاث أشكال للصخور النارية التي تتكون على السطح؟

٤- اذكر ثلاث أشكال للصخور النارية التي تتكون في أعماق الأرض أو بالقرب من سطحها؟

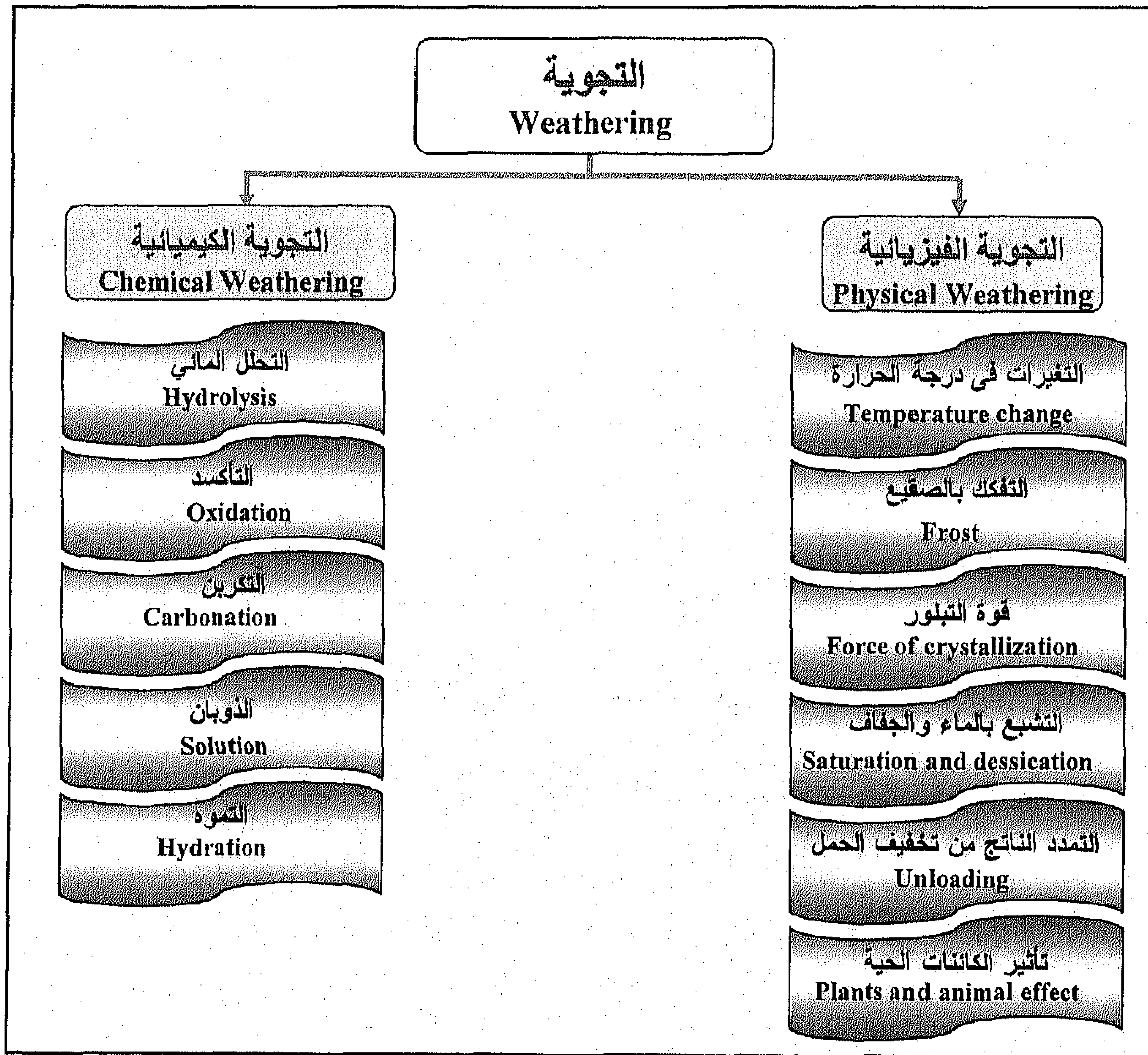
الباب الخامس

الصخور الرسوبية (Sedimentary Rocks)

- مقدمة
- التجوية الميكانيكية
- التجوية الكيميائية
- معدلات التجوية
- عمق التجوية واختلافه باختلاف الظروف المناخية
- تأثير التجوية على الصخور
- أهم أشكال التجوية الميكانيكية
- التربة
- نطاقات التربة
- العوامل المتحكمة في تكوين التربة
- أنواع التربة
- الصخور الرسوبية
- المراحل المختلفة لتكوين الصخور الرسوبية
- عملية التصخر
- بنيات الصخور الرسوبية
- تصنيف الصخور الرسوبية

مقدمة (Introduction)

يمكن تعريف التجوية على أنها مجمل التغيرات الفيزيائية والكيميائية التي تحدث للصخور عند تعرضها لعوامل الغلاف الجوي. وتقسم التجوية إلى نوعين: تجوية ميكانيكية، وتجوية كيميائية (شكل ٥-١).



شكل ٥-١. مخطط يبين أنواع التجوية وعناصرها.

التجوية الميكانيكية (Mechanical Weathering)

هي تفتت الصخور دون تغير في التركيب الكيميائي أو التركيب المعدني. هناك ستة عمليات مهمة تؤدي إلى تحلل الصخور نتيجة التجوية الميكانيكية وهي:

١- التغيرات في درجة الحرارة (Temperature Changes)

يؤدي تعرض أسطح الصخور لفعل التسخين والتبريد المتواليين في المناطق الحارة إلى تمدد الصخور وانكماشها (thermal expansion and contraction)، ينتج عن ذلك تكوين الفوالق والشقوق واتساع فتحاتها خاصة على طول الأجزاء الضعيفة جيولوجيًا في الصخر. ويؤدي تكرار حدوث هذه العملية يومًا بعد يوم إلى تشقق القشرة الخارجية للصخر، وتفتتها، وانفصالها عند السطح. يرجع ذلك إلى ما تتمتع به الصخور من صفتين مهمتين وهما:

أ – أن الصخور موصلة جيدة للحرارة.

ب – إن استجابة معادن الصخر لتغيرات درجات الحرارة مختلفة، فلكل معدن معامل تمدد خاص به، وقابلية لتوصيل الحرارة خاصة به، ويؤدي ذلك مع مرور الوقت إلى ظهور الشقوق في الصخور، مما يساعد على تفتتها.

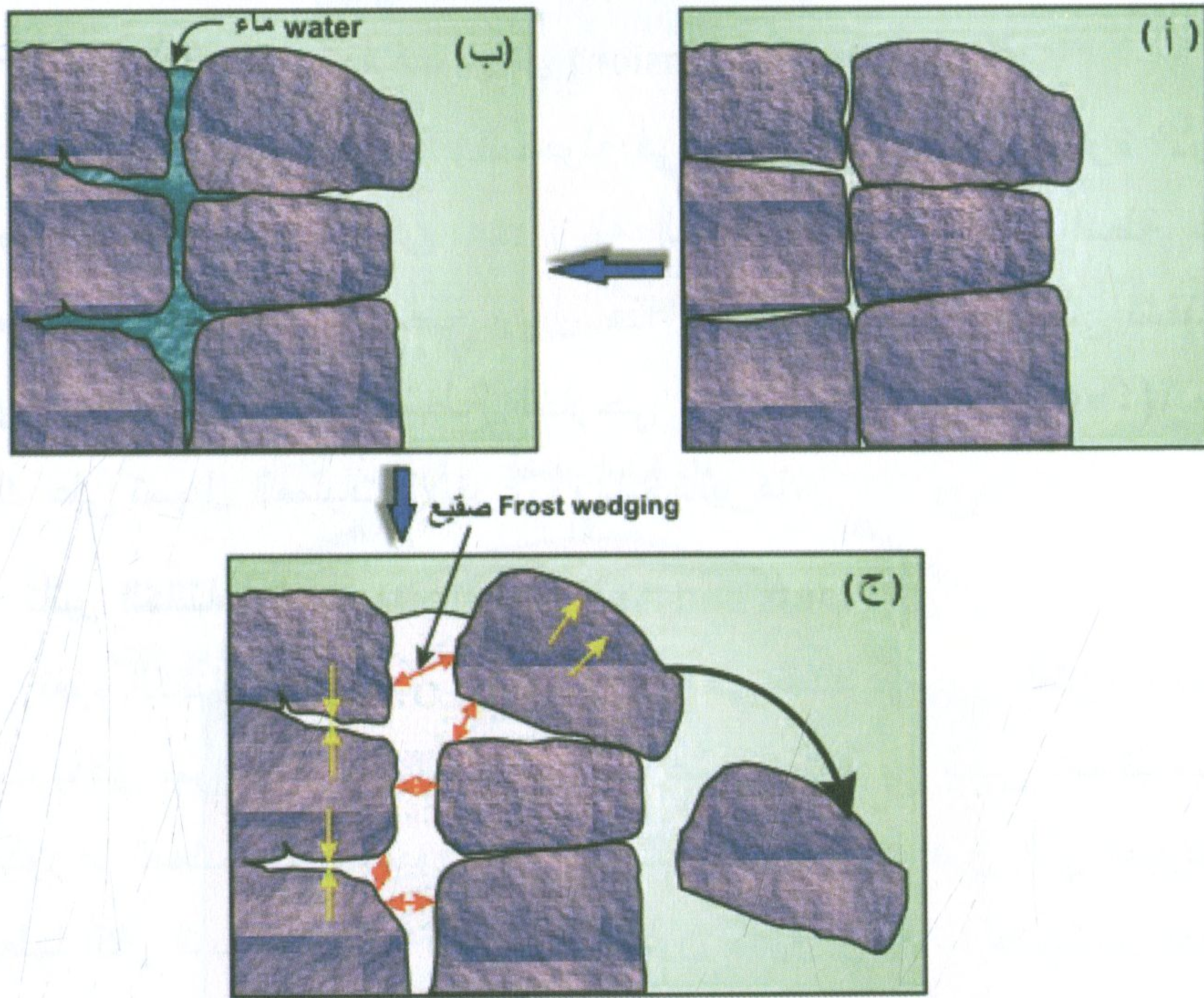
٢- التفكك بالصقيع (Disintegration by Frost)

في المناطق الممطرة، يتخلل الماء الصخور ليصل إلى المسام، والقشور والفجوات المتواجدة في تلك الصخور، وعندما تنخفض درجة الحرارة إلى الصفر يتجمد هذا الماء، ويصحب عملية التجمد هذه زيادة في الحجم الأصلي للماء تصل إلى ٩٪، الأمر الذي يعرّض جدران الفراغات داخل الصخور إلى قوة ضغط مرتفعة تسبب تهشم الصخر، وقد يصل هذا التهشم إلى أعماق كبيرة

حسب امتداد الشقوق، مما يؤدي إلى انفصال أجــزاء أو حبيبــات مــن الكتــل الصخرية (شكل ٥-٢).

٣- قوة التبلور (Force of Crystallization)

يحتوي الماء الذي تتشبع به الصخور في المسام والفتحات والشقوق على كثير من المواد الذائبة، التي تتبلور عند تبخر هذا الماء إلى ما بعد درجة التشبع، أو بسبب بعض التفاعلات الكيميائية، ويؤدي نمو البلورات إلى زيادة الحجم وبالتالي التأثير على الصخور نفسها بنفس الطريقة التي يؤثر بها تجمد الماء مما يؤدي إلى تقشر الصخور وتفتتها.



شكل ٥-٢. (أ) شقــوق وفواصل بالصخر، (ب) دخول الماء داخل الشقوق والفواصل، (ج) مع انخفاض درجات الحرارة، يتجمد الماء ويزداد في الحجم و يضغط على جدران الفواصل ويزيدها اتساعًا وفي النهاية يسبب سقوط كتلة من الصخر.

٤- التشبع بالماء والجفاف (Saturation and Desiccation)

هناك أنواع من الصخور الرسوبية وخاصة الطينية، أو تلك التي تحتوي على نسبة كبيرة من الطفلة، تتمدد عند تشبعها بالماء أو امتصاصها لرطوبة الجو، فإذا تعاقب عليها مواسم رطوبة وجفاف متكررة، أدى ذلك إلى تشقق هذه الصخور نفسها (شكل ٥-٣)، وتفككها، وكذلك تشقق ما يعلوها أو يحيط بها من صخور أخرى.



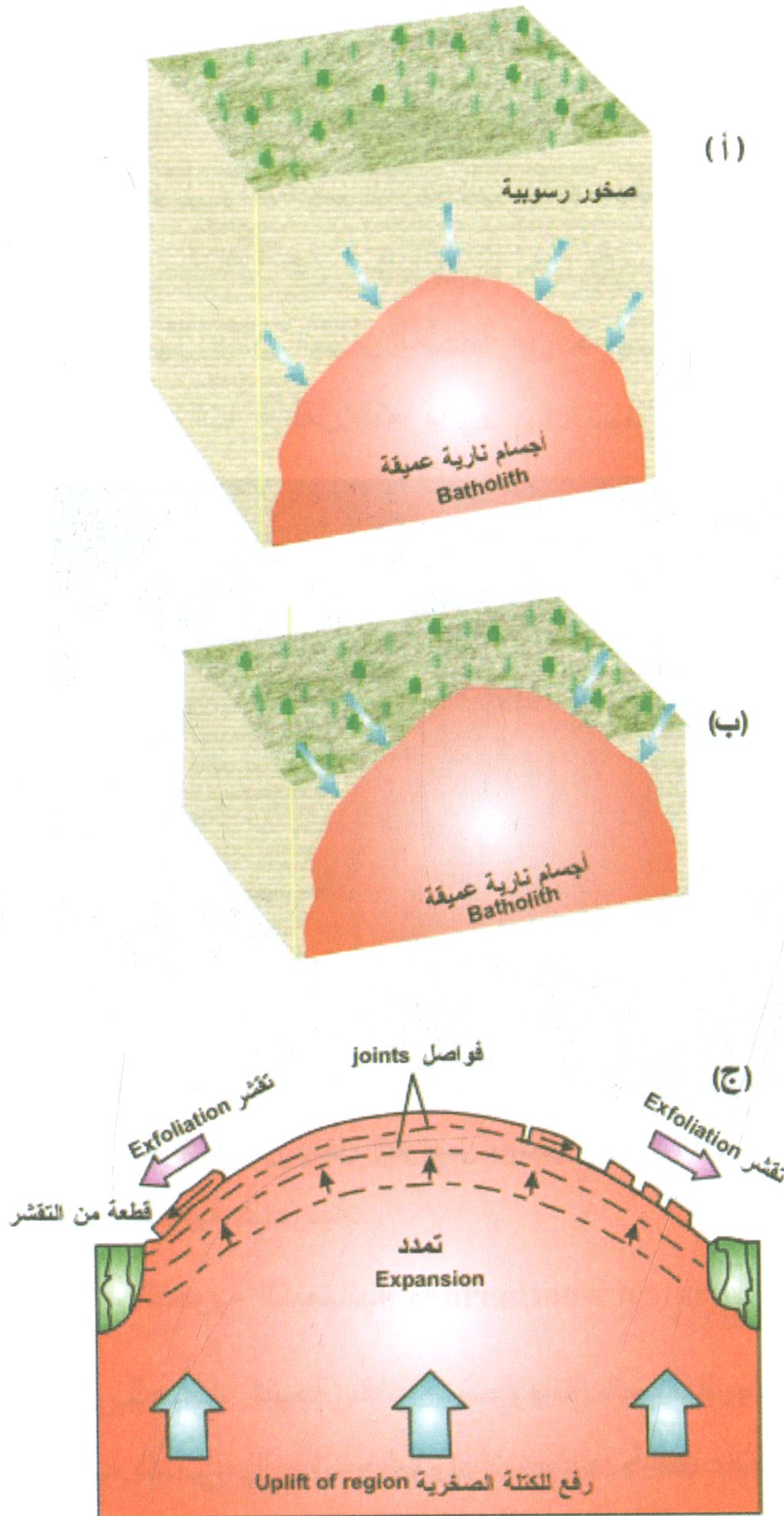
شكل ٥- ٣. الشقوق الطينية.

٥- التمدد الناتج من تخفيف الحمل (Unloading Expansion)

تتكون الصخور النارية والمتحولة في أعماق سحيقة في القشرة الأرضية وتحت ضغط مرتفع، ولكن عند إزالة الصخور التي فوقها بواسطة عوامل التعرية وانكشافها على السطح يزول هذا الضغط، ويؤدي ذلك إلى تشققها في شقوق وفواصل موازية للسطح الخارجي لهذه الصخور (شكل ٥-٤)، ويعمل بذلك على تسهيل العمليات الأخرى وزيادة تأثيرها.

٦- تأثير الكائنات الحية (Plants and Animal Effect)

تقوم الكائنات الحية بدور لا يستهان به في تفكك صخور القشرة الأرضية، حيث يؤدي نمو الأشجار والشجيرات والأعشاب بالتدريج إلى غلظ سوقها وجذورها الممتدة في الصخور، على حساب الفتحات والشقوق التي تخترقها مما يجعلها أكثر اتساعًا، ويفتح المجال إلى تكوّن شقوق وفتحات جديدة من ناحية، وإلى سقوط فتات الصخور الموجودة في أطراف المكاشف الصخرية أو تقشر الصخور (شكل ٥-٥). كما تقوم الحيوانات الحفارة كالديدان والحشرات كالنمل، و حيوان السنجاب الأرضي، وغير ذلك بدور مشابه لما تقوم به النباتات.



شكل ٥-٤. (أ) باثوليث مدفون بباطن الأرض ويعلوه عدة كيلوميترات من الصخور الرسوبية، (ب) إزالة الغطاء الرسوبي بفعل التجوية وانكشاف الباثوليث، (ج) تمدد الباثوليث من جراء تخفيف الحمل الواقع عليه، مما يودي إلى تكوّن العديد من الفواصل وتقشّر الطبقة الخارجية من الصخر.

ومن الأمثلة الأخرى لدور الكائنات الحية في عمليات التجوية هو ما يقوم به النمل الأبيض (white ants) ببناء مجموعات من التلال ليتخذها كمساكن تؤويه، حيث يقوم بفرز وتصنيف المواد الرسوبية ومفتتات التربة الدقيقة الحجم، التي لا تزيد أقطار حبيباتها عن المليمتر الواحد، ويعمل على تجميعها في كومات، ويفرز عليها بعض المواد اللاحمة من جسده، ليبنى تلالاً بيضاء اللون تصمد كثيرًا أمام غزوات عوامل التعرية.

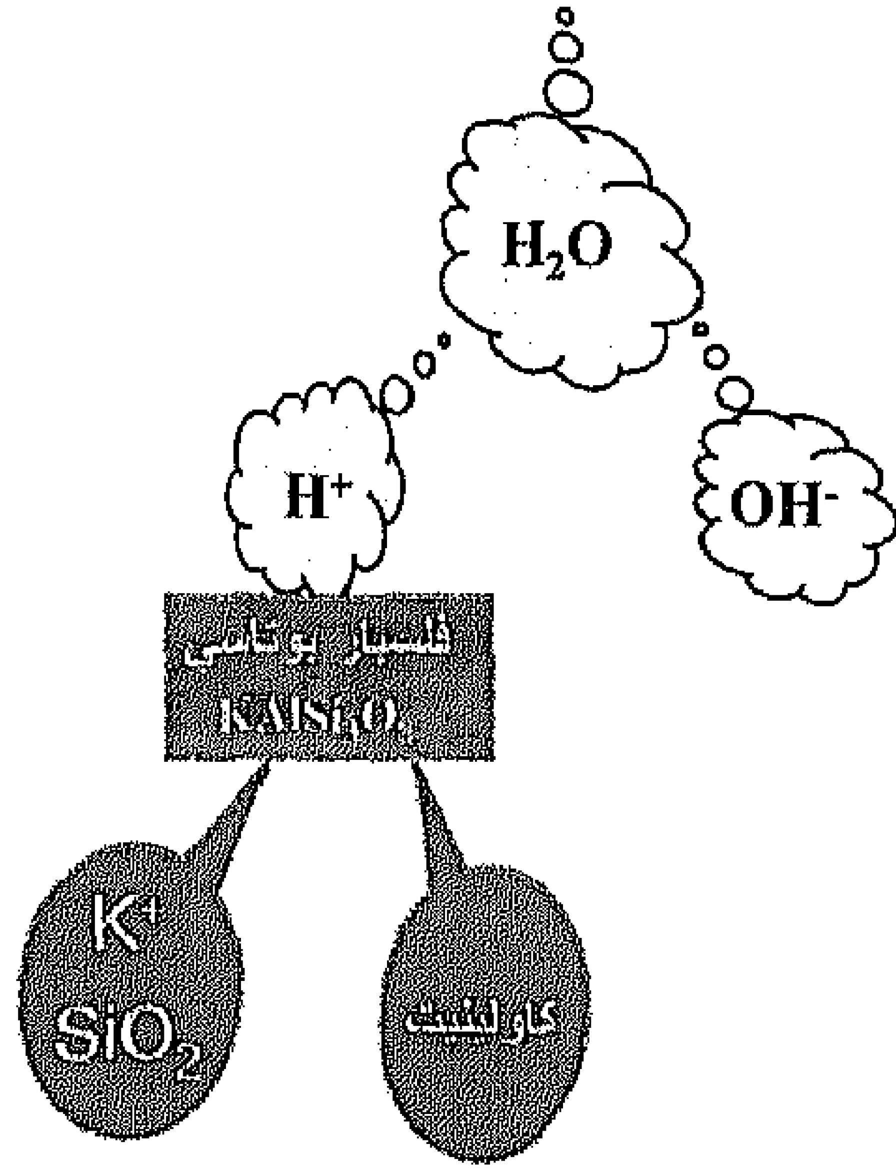


شكل ٥-٥. جذور شجرة تتوغل داخل الفواصل بصخور الجرانيت بوادي شواص، جنوب المملكة العربية السعودية.

التجوية الكيميائية (Chemical weathering)

هي تحلل الصخر نتيجة تفاعل محتوياته المعدنية مع عناصر الغلاف الجوي والغلاف المائي (الهواء والماء)، تؤدي هذه التفاعلات إلى تدمير البنية الداخلية لبعض من هذه المعادن وتغايرها إلى معادن أخرى، ونتيجة لذلك يحدث تغيير للتركيب الكيميائي والمظهر الخارجي للصخر. هناك خمس عمليات مهمة تؤدي إلى تحلل الصخور نتيجة التجوية الكيميائية وهي:

١- التحلل المائي أو التميؤ(Hydrolysis)



شكل ٥-٦. مخطط توضيحي يبين تحلل الفلسبار البوتاسي إلى كاولينيت.

الماء له دور هام في العمليات الكيميائية مثل التميؤ (hydrolysis)، وغير ذلك من العمليات الكيميائية، لأن أيوني الهيدروجين والهيدروكسيل الناتجين عن تأين الماء لهما نشاط ملحوظ في هذه العمليات، حيث يتحد أيون الهيدروكسيل OH^- مع أحد أجزاء الصخر، والهيدروجين H^+ مع جزء آخر، فينشأ معادن أخرى أقل تماسكًا من المعادن الأصلية، الأمر الذي يؤدي إلى إضعاف تماسك وصلابة الصخر.

مثال: تحول الفلسبارات البوتاسية (الأرثوكليز) إلى كاولينيت (kaolinite) كما هو واضح من الشكل رقم (٥-٦) والمعادلة التالية:

$$2KAlSi_3O_8 + 2H + H_2O \rightarrow 2K^+ + Al_2Si_2O_5(OH)_4 + 4\ SiO_2$$



يؤدي تكوّن الكاولينيت إلى انتفاخ الصخر، لأن حجم الكاولينيت أكبر من حجم الفلسبار البوتاسي، مما يساعد على تشقق الصخر وتقشره (exfoliation).

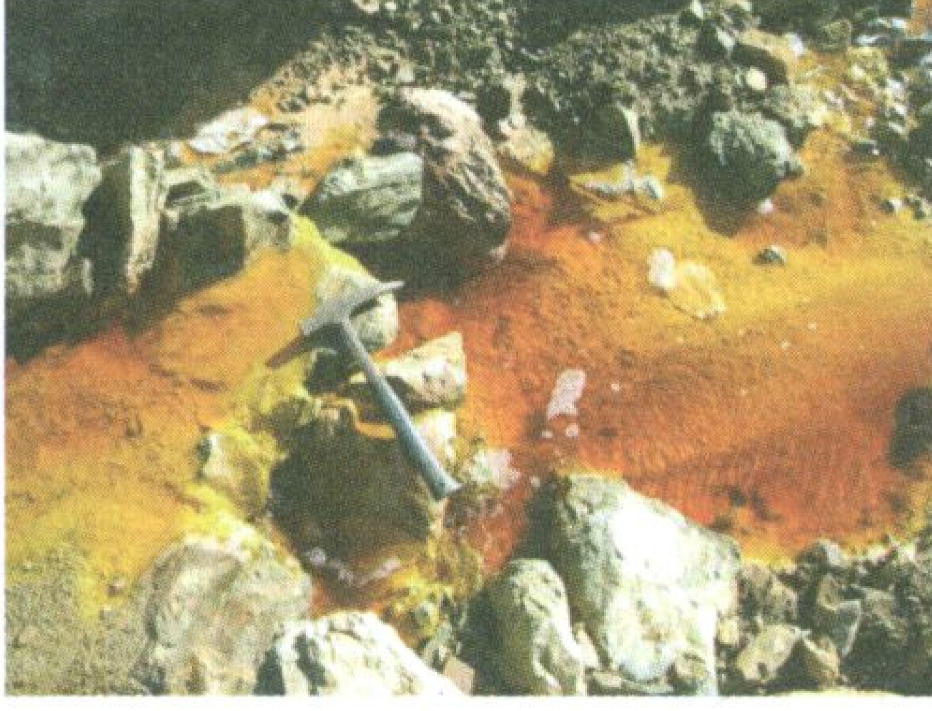
٢- التأكسد (Oxidation)

هو تفاعل أكسجين الهواء الجوي مع المعدن، مما يؤدي إلى أكسدته وتغير لونه الأصلي. تتوقف عملية التأكسد على وجود جو رطب، وهي أكثر سرعة في المناخ الحار، فنجد أنها أكثر تأثيرًا في المناطق الاستوائية. مثال: تحلل معدن البيريت حسب المعادلة التالية:

$$FeS_2 + 2O_2 \rightarrow FeSO_4 + S$$



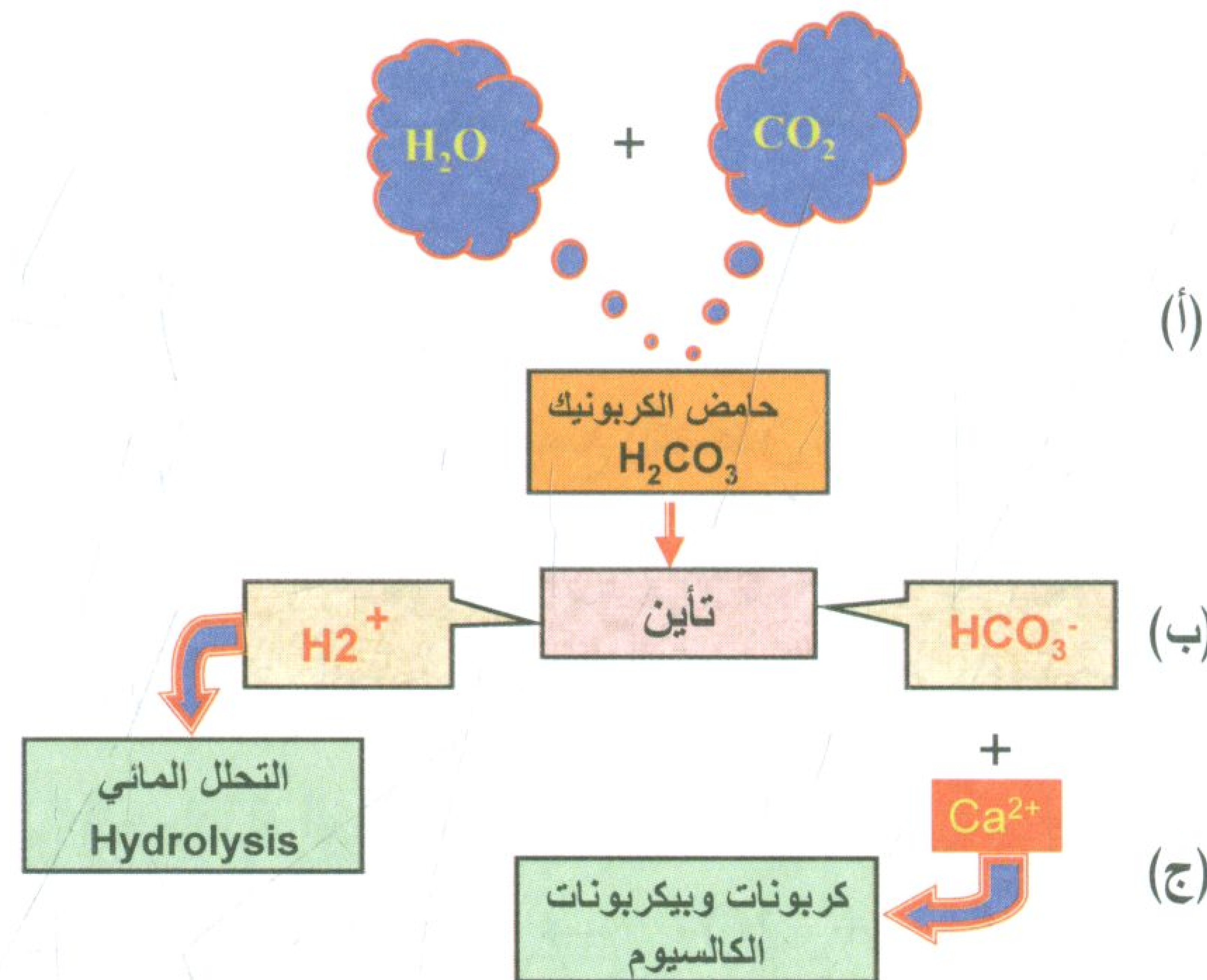
كبريتات الحديدوز سهلة الذوبان في الماء، وسريعة التحول إلى مواد أخرى مما يؤدي إلى تكوّن حامض الكبريتيك، الذي يذيب كثيرًا من العناصر الثقيلة بالصخور المحيطة وقد يكون في بعض الأحيان ذو تأثير بيئي سيء (شكل ٥-٧).



شكل ٥-٧. ماء ملوث بنواتج تجوية معدن البيريت بأحد مناجم الذهب بالمملكة العربية السعودية.

٣- التكربن (Carbonation)

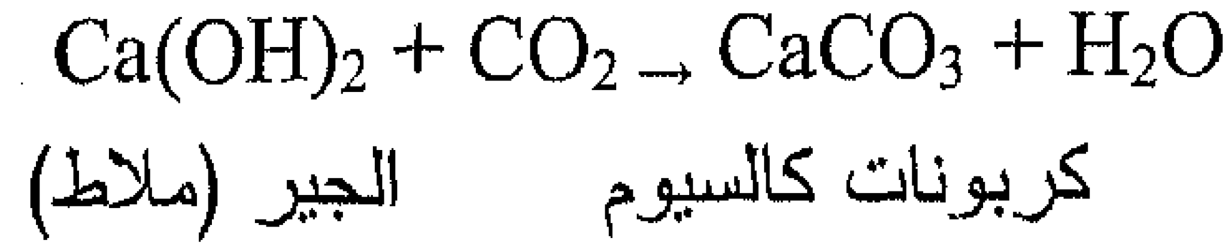
يذوب ثاني أكسيد الكربون المتوفر في الجَو بسهولة في الماء مكونًا حامض الكربونيك (شكل ٥-٨أ). يتأين حامض الكربونيك إلى أيون الهيدروجين وأيون البيكربونات (شكل ٥-٨ب). يدخل كلا الأيونين في التفاعلات الكيميائية، بسبب نشاطهما وإمكانية اتحادهما مع أحد العناصر المتوفرة في الوسط التي تحدث فيه التفاعلات التي تؤدي إلى حدوث التجوية الكيميائية، وتسمى هذه العملية بالتكربن. في هذه العملية يتحد حمض الكربونيك مع بعض القواعد مثل الكالسيوم، والماغنسيوم، والصوديوم، والبوتاسيوم فتتكون الكربونات والبيكربونات (شكل ٥-٨ج).



شكل ٥-٨. مخطط توضيحي يبين عملية التكربن.

ومن الأمثلة على عمليات التكربن:

مثال ١: تجمد الملاط (المونة) من فعل ثاني أكسيد الكربون بالهواء على الجير، كما هو واضح من المعادلة التالية:



$$Ca(OH)_2 + CO_2 \rightarrow CaCO_3 + H_2O$$

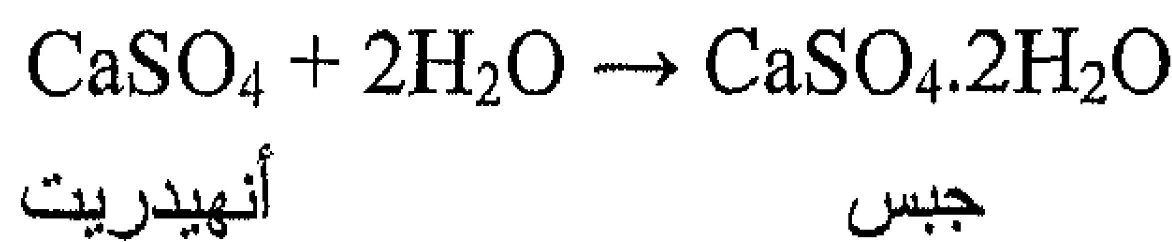
الجير (ملاط)   كربونات كالسيوم

مثال ٢: تأثير حمض الكربونيك على الصخور الجيرية مما يؤدي إلى إذابتها وتكون الكهوف.

مثال ٣: تفاعل ثاني أكسيد الكربون مع نواتج الفلسبارات و كثير من السيليكات المعقدة، ليكون كربونات وبيكربونات العناصر القاعدية لهذه السيليكات، ومعظم هذه الأملاح قابلة للذوبان في الماء.

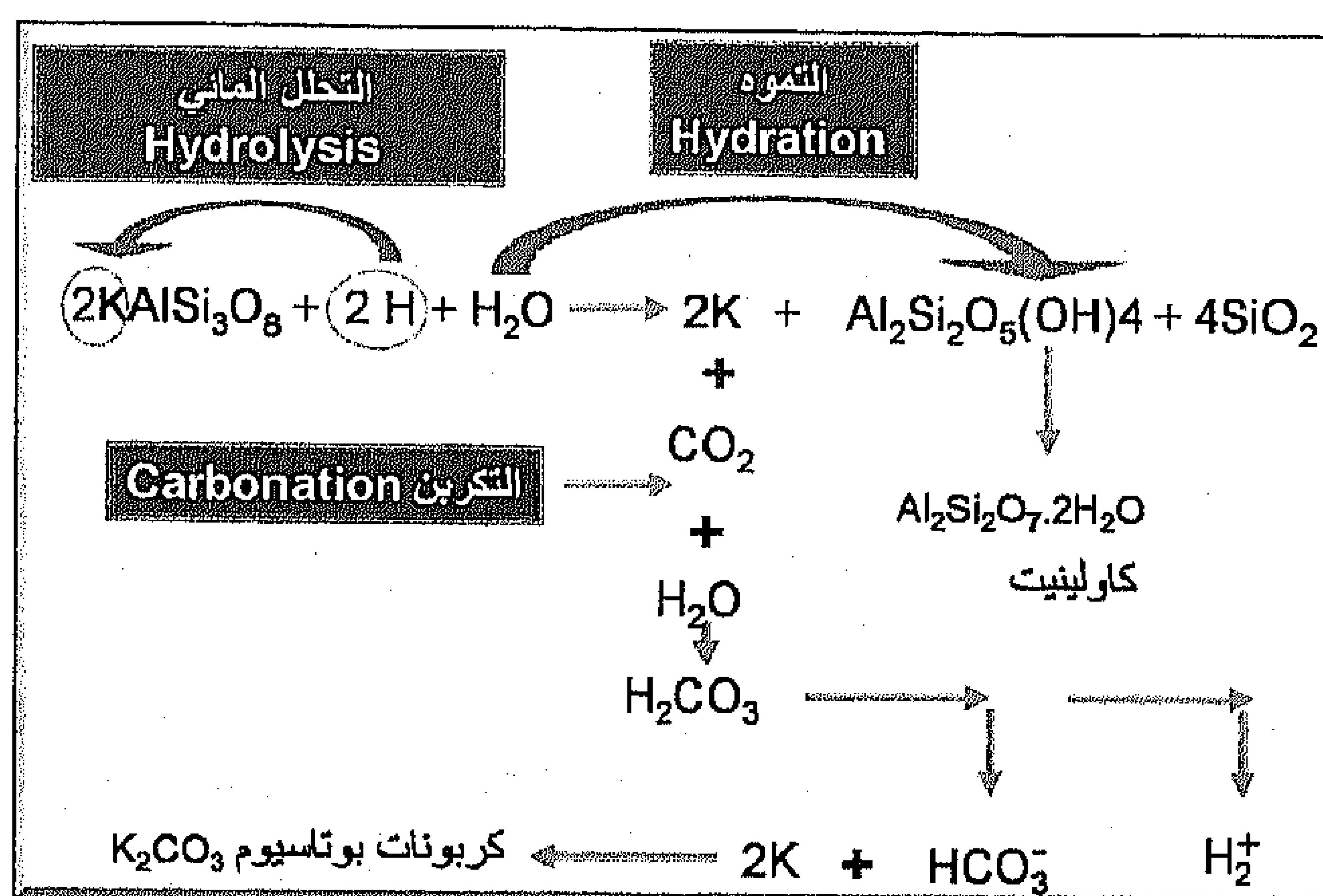
٤ – التموه (Hydration)

هو عملية اتحاد الماء مع بعض المعادن مكونًا ما يسمى بالمعادن المائية. تصاحب عملية التموه عملية التحلل المائي والتكربن، في حالة السيليكات، ومثال ذلك تكوّن معدن الكاولينيت (معدن مائي hydrous mineral) من الفلسبار البوتاسي (معدن لامائي anhydrous mineral). ويمكن القول بأن عملية تكوّن المعادن الطينية (kaolnization) هي عدة عمليات تجوية كيميائية كما هو واضح من شكل (٥–٩). ومن الأمثلة الأخرى لعمليات التموه هو تحول معدن الأنهيدريت إلى معدن الجبس حسب المعادلة التالية:



$$CaSO_4 + 2H_2O \rightarrow CaSO_4.2H_2O$$

أنهيدريت   جبس



شكل ٥- ٩. عمليات التجوية الكيميائية التي يتعرض لها معدن الأرثوكليز.

٥- الذوبان (Solution)

وهي أولى مراحل التجوية الكيميائية، وتتم عبر ذوبان المعادن المكونة للصخور (كالصخور الملحية أو الأحجار الجيرية)، إما بفعل المياه الجوفية أو مياه الأمطار. تختلف المعادن فيما بينها من حيث قابليتها للذوبان، فمثلاً يذوب الملح الصخري (rock salt) بسهولة في الماء النقي، بينما لا تذوب بعض معادن السيليكات في الماء النقي، ولكنها تذوب إلى حد ما في المياه القلوية.

معدلات التجوية (Rate of Weathering)

يتأثر نوع ومعدل تجوية الصخور بعدة عوامل، وهي:

١- اختلاف نوعية الصخور (Difference in Rock Types)

يلعب التركيب المعدني دورًا كبيرًا في مقاومة الصخور لعوامل التجوية. إذا قارنا بين قطعة من الحجر الرملي وقطعة من الحجر الطيني، نجد أن الأخير يظهر مقاومة كبيرة نسبيًا للتجوية عن الحجر الأول (شكل ٥-١٠). ويعني هذا أن الصخور تختلف بتأثرها بالتجوية باختلاف المعادن المكونة لها، فهناك معادن

أكثر استجابة للتأثر بعمليات التجوية من غيرها، وهناك معادن أقل استجابة لهذه التفاعلات الكيميائية. يوضح الجدول رقم (٥-١) ترتيب المعادن المكونة للصخور حسب درجة ثباتها بالنسبة للتجوية الكيميائية. ويلاحظ من هذا الجدول، أن مقاومة المعادن السيليكاتية لعمليات التجوية، تسلك ترتيبًا عكس ترتيب تبلورها حسب سلسلة تفاعلات بوين (انظر شكل ٤-٥). يعتبر معدن الكوارتز أكثر المعادن السيليكاتية مقاومة للتجوية، بينما يعتبر الأوليفين هو أقلها في المقاومة. كما تختلف الصخور فيما بينها من حيث قابليتها للذوبان، فمثلا قطعة الرخام، نجدها تحتوي على كربونات الكالسيوم التي تذوب بسهولة في الأحماض المختلفة، وبالتالي تحت نفس الظروف تتآكل بنسبة أكبر من قطعة الجرانيت.



شكل ٥-١٠. يوضح الرسم أن تأثير التجوية على الحجر الرملي أكبر من تأثيرها على الحجر الطيني.

جدول ٥-١. ترتيب المعادن المكونة للصخور حسب درجة ثباتها بالنسبة للتجوية الكيميائية.

اسم المعدن	درجة الثبات	معدل التجوية
هيماتيت Hematite	أكثر ثباتًا More stable	أبطأ Slowest
جيبسيت Gibbsite		
كوارتز Quartz		
المعادن الطينية Clay Minerals		
مسكوفيت Muscovite		
أرثوكليز Orthoclase		
بيوتيت Biotite		
ألبيت Albite		
أمفيبول Amphibole		
بيروكسين Pyroxene		
أنورثيت Anorthite		
أوليفين Olivine		
كالسيت Calcite		
هاليت Halite	أقل ثباتًا More stable	أسرع Fastest

٢- المناخ (Climate)

تعتبر العوامل المناخية وعلى الأخص الحرارة والرطوبة ذات أهمية لمعدلات التجوية الكيميائية. وتعتبر البيئة المناسبة لعمليات التجوية هي خليط بين درجات الحرارة الدافئة، ووفرة الهواء الرطب، ويكثر ذلك في المناطق التي بها غطاء نباتي كثيف ذي تربة سميكة غنية بالمواد العضوية المتحللة التي تستخدمها المحاليل الكيميائية النشطة، مثل حامض الكربونيك وحامض الهيوميك. أما التجوية الميكانيكية بفعل الصقيع، فإنها تظهر في المناطق الجافة الباردة التي يتجمد فيها الماء.

٣- التضاريس(Topography)

تؤثر التضاريس في كمية الصخور المعرضة للتجوية، وتكثر التضاريس الوعرة في المناطق الجافة، والتي تتأثر بالتجوية الميكانيكية، بينما تكثر في المناطق الرطبة التضاريس المنخفضة، والمستوية، التي تغطيها النباتات وتراكمات التربة، وتعزى هذه الظواهر إلى التجوية الكيميائية. ومن أمثلة دور التضاريس في عمليات التجوية:

- تتميز الجبال العالية بوجود الجليد على قممها، مما يعطي الفرصة الأكبر لاتساع الشقوق والفواصل بسبب تمدد الجليد.
- تهيئ الميول الحادة للتلال والجبال الفرصة لنواتج التجوية من الحطام والفتات الصخري، إلى سقوطه أسفل هذه التلال والجبال بفعل الجاذبية، وبذلك تتعرض أسطح جديدة للتجوية.
- إن الغطاء النباتي الذي يغطي السهول والمناسيب المنخفضة، هو غطاء يقي التربة من تأثير عوامل التجوية، وإن كان هذا لا يمنع من أن النبات يساهم إلى حد ما في توسيع الشقوق والفواصل، عن طريق تغلغل الجذور في التربة. لذا فإن التجوية ذات أثر محدود في هذه المناطق.

عمق التجوية واختلافه باختلاف الظروف المناخية
(Depth of Weathering and its Variation with Climatic Conditions)

يطلق بعض العلماء على الغطاء السطحي للقشرة الأرضية المكونة من الحطام الصخري، أو البقايا الصخرية الناتجة من تأثير التجوية الكيميائية، اسم الوشاح الحطامي السطحي (surficial mantle regolith) أو اسم الرسوبيات السطحية، وهناك نوعان من الرسوبيات السطحية:

(١) رسوبيات سطحية متبقية (Residual Regolith)

هي رسوبيات ناتجة عن تجوية الصخور الموجودة مباشرة تحت الوشاح الصخري الحطامي لمنطقة معينة، دون أن يكون بها أي رسوبيات غريبة منقولة.

(٢) رسوبيات سطحية منقولة (Transported Regolith)

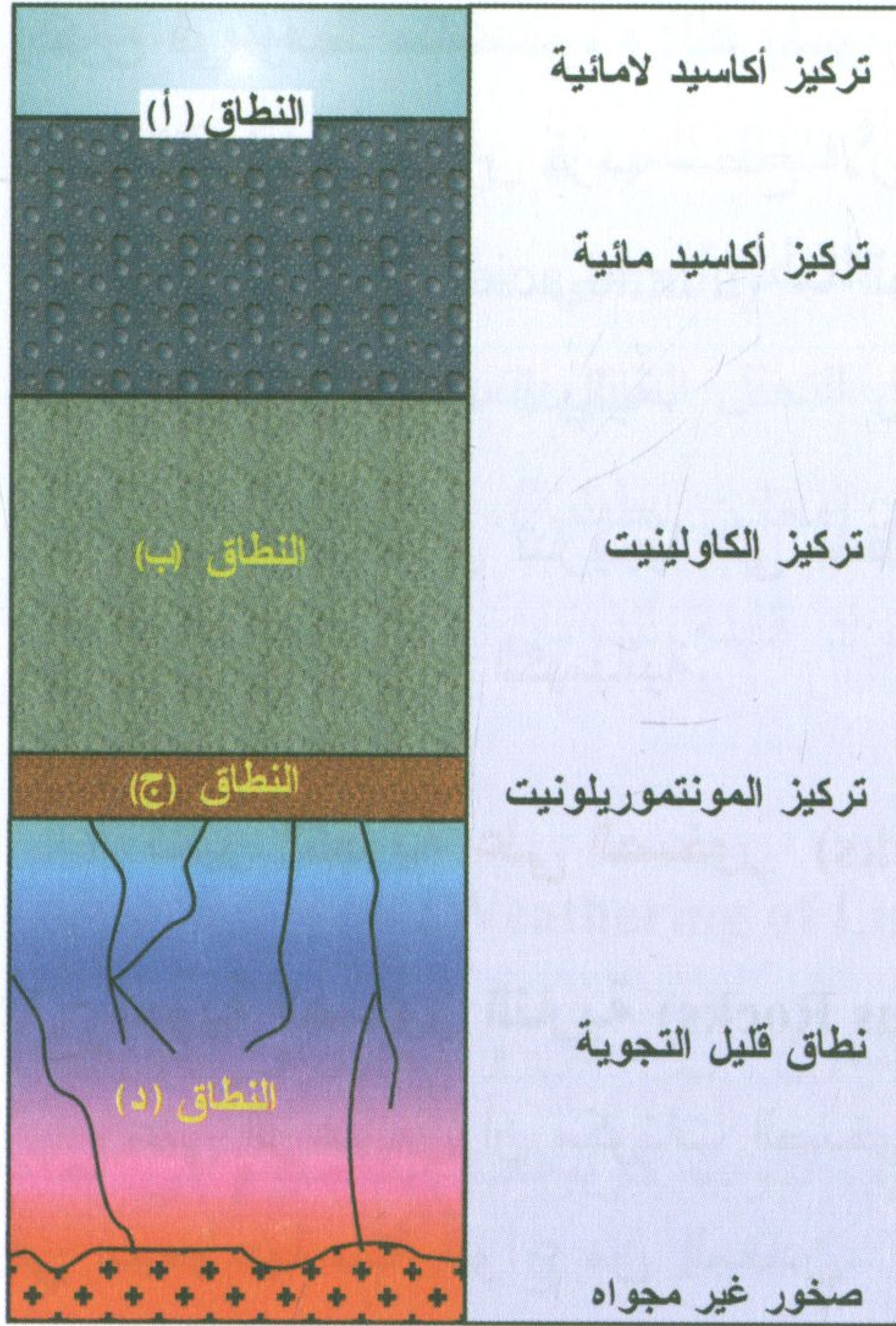
وهي حطام صخري منقول بواسطة عوامل النقل، ومترسب في منطقة معينة بعيدة عن صخور المصدر، ومن أمثلتها الرسوبيات النهرية والكثبان الرملية. في المناطق التي يوجد بها وشاح صخري حطامي، عادةً تؤثر عمليات التجوية على هذا الوشاح تأثيرًا يختلف باختلاف عمقه، بالنسبة لسطح الأرض، وقد يصل سمك الوشاح الحطامي في بعض المناطق، إلى ما يقرب من ١٠٠ متر، لا سيما في المناطق الاستوائية الحارة، التي تسود فيها التجوية النشطة، والتي يكون فيها النشاط التكتوني مواتيا، إذ أن سرعة انخساف سطح الأرض، يحمي هذه المناطق من تأثير عمليات التعرية والنقل ولكن في معظم الحالات، لا يزيد سمك الحطام الصخري على بضعة أمتار.

يمكن معرفة التدرج الطبقي الرأسي في معظم تراكمات الحطام الصخري السطحي، حيث يقل تأثير عوامل التجوية كلما زاد العمق، وهذا التتابع من أعلى إلى أسفل كما يلي (شكل ٥-١١):

أ- النطاق الخارجي (External Zone)

ويتكون في المناطق الاستوائية الحارة ويتركب من أكاسيد الحديد الحمراء (Fe_2O_3) غير المتموهه (dehydrated)، بالإضافة إلى أكاسيد الألومنيوم البيضاء (Al_2O_3)، ولذلك يعطي هذا الغلاف اللون الأحمر الطوبي، ويطلق على هذا الغلاف اسم الغلاف اللاتيريتي (lateritic mantle). بينما الأجزاء العميقة من

الغلاف الخارجي تكون عادة مشبعة بالماء (لا سيما في المناطق الاستوائية الرطبة)، لذلك تزداد نسبة الأكاسيد المتموهة في الغلاف الصخري الحطامي الخارجي، كلما زاد عمق هذا الغلاف، إذ يتحول لونه من اللون الأحمر إلى اللون البني والأصفر.



شكل ٥-١١.التدرج الطبقي الرأسي لتراكمات الحطام الصخري السطحي (لا يخضع لمقياس رسم).

ب-نطاق تكوّن الكاولينيت

(Zone of Kaolinite Formation)

يتكون تحت الغلاف الخارجي نطاق غني بحبيبات الطين، تساعده حركة المياه من أعلى إلى أسفل، تتأثر حبيبات الطين بعمليات التحلل المائي وهو دخول أيون الهيدروجين، وكذلك عمليات التموه، وهو دخول جزيء الماء والتكربن (تكون الكربونات والبيكربونات)، وتؤدي هذه العمليات إلى تكون الكاولينيت، ويسمى النطاق بنطاق الكاولينيت، ويبدو هذا النطاق فاتح اللون (الكاولين لونه أبيض) ولكنه يتميز بوجود بقع دقيقة بنية من أكاسيد الحديد المموهة، لذلك يبدو هذا النطاق كأنه منقط.

ج - نطاق تكون المونتموريلنيت والبيديليت والميكا المائية

(Zone of Montmorillonite, Bedelite and Hydromicas Formation)

المونتموريلونيت والبيديليت معادن طينية تتكون نتيجة التحلل المائي، وتموه السيليكات مثل الكاولين ولكنها تتكوّن في وسط قلوي، بعكس الكاولينيت الــذي

يتكون في وسط حامضي، وذلك يفسر وجود هذا النطاق تحت نطاق الكاولينيت حيث الكاولينيت، يكون قرب سطح الأرض، حيث الغطاء النباتي الذي يفرز الأحماض الدبالية (humic acids) أما المونتموريلونيت والبيديليت فهما يتكونان بعيدًا عن تأثير المواد الدبالية.

د – يلي هذا النطاق تدريجيًا إلى أسفل، نطاق الصخور أو الحطام الصخري غير المتأثر بالتجوية الكيميائية.

تأثير التجوية على الصخور (Effects of Weathering on Rocks)

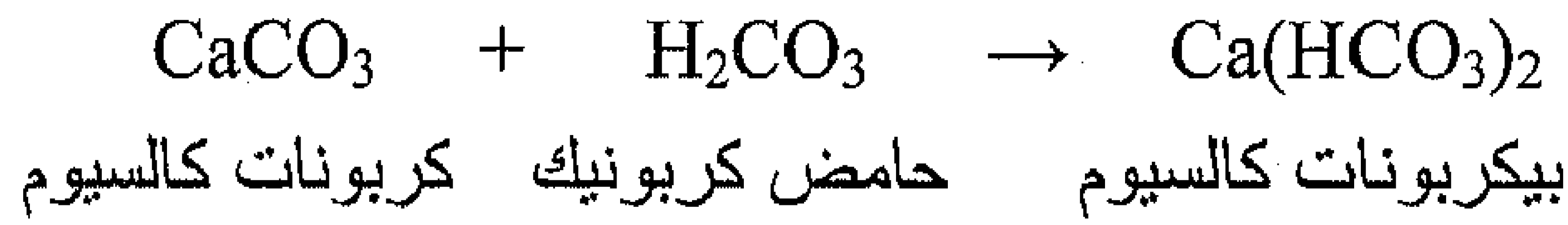
١ – تجوية الصخور النارية (Weathering of Igneous Rocks)

على الرغم من أن مكونات الصخور النارية من المعادن الأساسية لا تتعدى في مجموعها ستة أنواع من المعادن، إلا أنه يوجد تفاوت نسبي في تجوية كل من الصخور النارية الحامضية، والصخور النارية القاعدية. على سبيل المثال، نجد أن الجرانيت يتكون من معادن الفلسبار البوتاسي، والكوارتز، والبلاجيوكليز، والميكا، بالإضافة إلى بعض المعادن الإضافية (accessory minerals)، وأكثر هذه المعادن هو الفلسبار البوتاسي. عندما يتعرض الجرانيت للتجوية الكيميائية، فإن تغاير الفلسبار البوتاسي ينتج عنه معادن طينية وأملاح ذائبة (بيكربونات بوتاسيوم، وبعض السيليكا التي تذوب في الماء، انظر شكل ٥–٩). على الجانب الآخر، نجد أن الكوارتز، وهو المكون الثاني للجرانيت، يقاوم بشدة عمليات التجوية الكيميائية، ولذلك يبقى دون تاثير عندما يتعرض للأحماض الخفيفة، لذلك عندما يتجوى الجرانيت تنسحب بلورات الفلسبار ويتغاير ببطء إلى كاولينيت، مما يحرر حبيبات الكوارتز التي تبقى على حالها دون تحلل، لتكون فيما بعد حبيبات الرمل. أما الميكا، ولا سيما البيوتيت والمسكوفيت، من أشد المعادن مقاومة للتحلل، فتبقى على حالها كرقائق وقشور،

بينما يستجيب معدن البيوتيت للتحلل مكونًا بدوره سيليكات ألومنيوم مائية، وأكاسيد ماغنسيوم وحديد، وهي مواد قابلة للذوبان على هيئة كربونات وكلوريدات. وفي حالة الصخور النارية القاعدية والتي يمثلها الجابرو، والذي يتكون من البلاجيوكليز والبيروكسين، فإن التحلل المائي يتسبب في تحطيم هذين المعدنين إلى سيليكات ألومنيوم مائية (معادن طينية)، وأكاسيد صوديوم، وكالسيوم، وماغنسيوم، وحديد، وهي مواد قابلة للذوبان على هيئة كربونات وكلوريدات.

٢- تجوية الصخور الجيرية (Weathering of Limestones)

الحجر الجيري من الصخور التي تتكون من معدن واحد، وهو الكالسيت، وتركيبه الكيميائي هو كربونات الكالسيوم. تذوب كربونات الكالسيوم في الماء بسبب وجود حامض الكربونيك بها.



$$CaCO_3 \quad + \quad H_2CO_3 \quad \rightarrow \quad Ca(HCO_3)_2$$

بيكربونات كالسيوم حامض كربونيك كربونات كالسيوم

ثم تذوب بيكربونات الكالسيوم في الماء، وتتحرك تاركة مكانها حفرًا وفجوات يتميز بها الحجر الجيري، حيث تكثر فيه الكهوف والمغارات (شكل ٥-١٢).

٣- تجوية الصخور الرملية (Weathering of Sandstones)

تتكون الصخور الرملية أساسًا من حبيبات رملية تتماسك مع بعضها البعض، بواسطة مادة لاحمة مثل الكالسيت، أو أكاسيد الحديد. ولأن حبيبات الرمل (ثاني أكسيد السيليكون) من أشد المواد مقاومة للتجوية، فتبقى على حالها دون تأثر، بينما ينصب تأثير التجوية على المواد اللاحمة فقط.



شكل ٥-١٢. (أ) هوابط بدحل سلطان، (ب) كالسيت متكون في سقف دحل المربع، المملكة العربية السعودية.

أهم أشكال التجوية الميكانيكية

(The Most Important Forms of Mechanical Weathering)

١- التقشر أو التحرشف (Exfoliation)

يرجع أصل مصطلح التقشر (exfoliation) إلى اللغة اللاتينية، وهو يتألف من كلمتين هما Ex أي يخرج أو ينكشف، و Folia وتعني أوراق النبات، وهي عبارة عن عملية انفصال قشور أو صفائح رقيقة أو سميكة من أسطح الصخر،

تحت تأثير عدد من الظروف الطبيعية، أهمها فعل التسخين والتبريد المتواليين في المناطق الحارة، وتخفيف الحمل الواقع على الصخر (انظر شكل ٥-٤). عندما تسخن قطعة من الصخر بواسطة حرارة الشمس، ثم يبرد الجو حولها، يبرد الجزء الخارجي من كتلة الصخر، وينكمش بسرعة بينما يبقي الجزء الداخلي محتفظا بحرارته مدة أطول من الزمن. بتكرار هذه العملية بصورة مستمرة تتكون قشرة سطحية على الكتلة الصخرية، تنفصل مع الزمن عن باقي الكتلة المقشرة مستديرة تقريبًا، ويعرف هذا النوع بالتجوية الكروية (spheroidal weathering)، وهو شائع في الصخور النارية عامة (شكل ٥-١٣). وقد يساعد عملية التجوية بفعل التغير الحراري سقوط أمطار غزيرة، أو حدوث سيول تعمل هي الأخرى على تقسيم الصخر على طول الشقوق والفواصل، كما تنقل الفتات الصخري من المناطق التي اشتقت منه وإرساله إلى مناطق أخرى، قد تبعد عدة أميال عن المركز الأصلي للصخور.

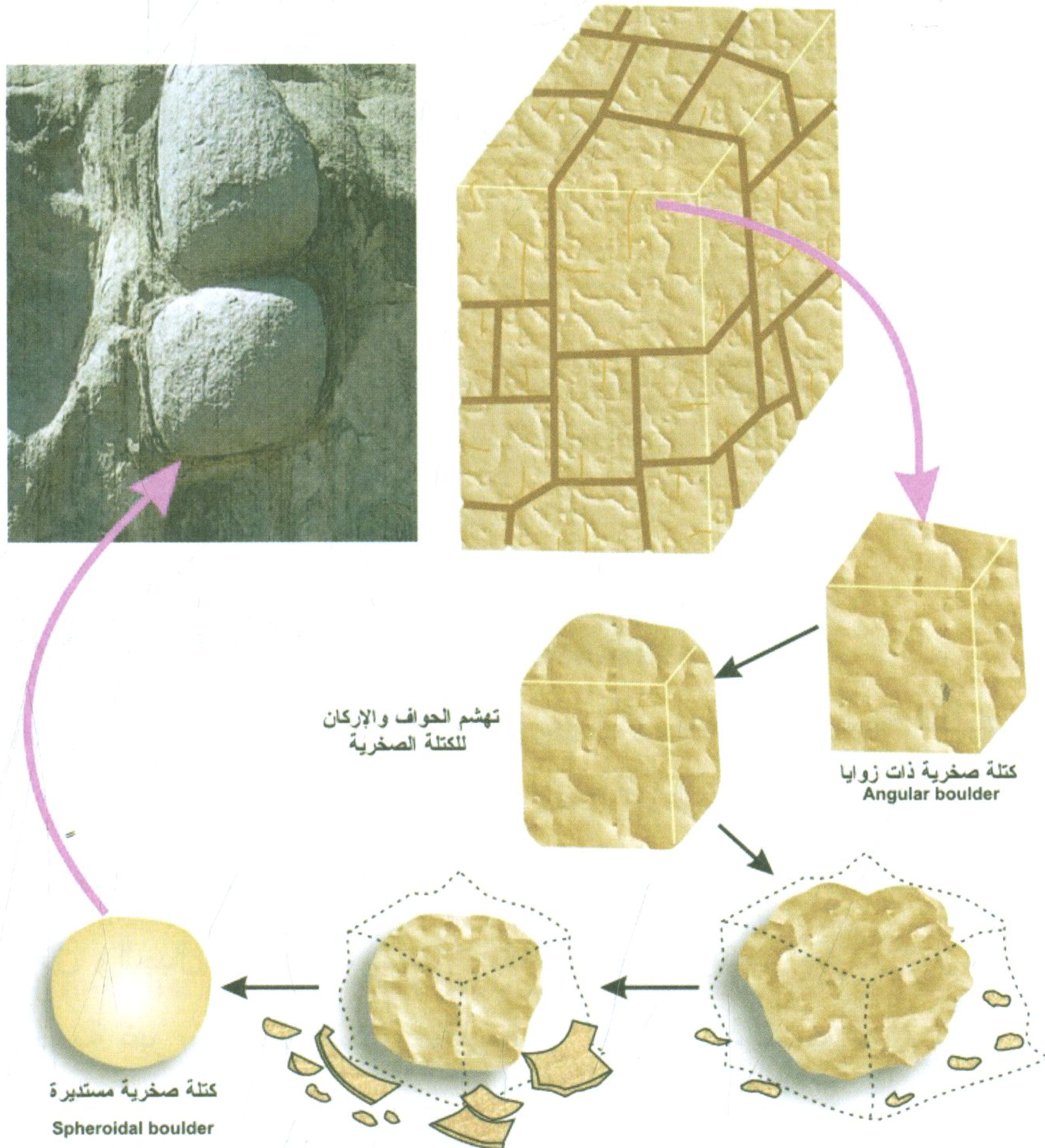
٢- ركام السفوح (Talus)

وهو الحطام والفتات الصخري الناتج من تأثير عوامل التجوية الطبيعيـــة، سواء كان هذا التأثير من اختلاف درجات الحرارة، أو من تأثير تجمد المياه في الفواصل والشقوق الصخرية، وسرعان ما ينزلق هذا الحطام بفعل الجاذبية إلـــى أسفل التلال والجبال، مكونًا ما يسمى بركام السفوح، ويتميز بكونه عبارة عـــن قطع صخرية غير منتظمة الشكل، متفاوتة في أحجامها، ذات حواف مدببة.

٣- حقول الجلاميد (Boulder Fields)

الجلاميد عبارة عن درنات كروية أو شبه كروية، ذات أحجـــام مختلفـــة، وتعتبر التجوية الكيميائية سببا مباشرًا في ظهور حقول الجلاميد، إذ أن الصخور

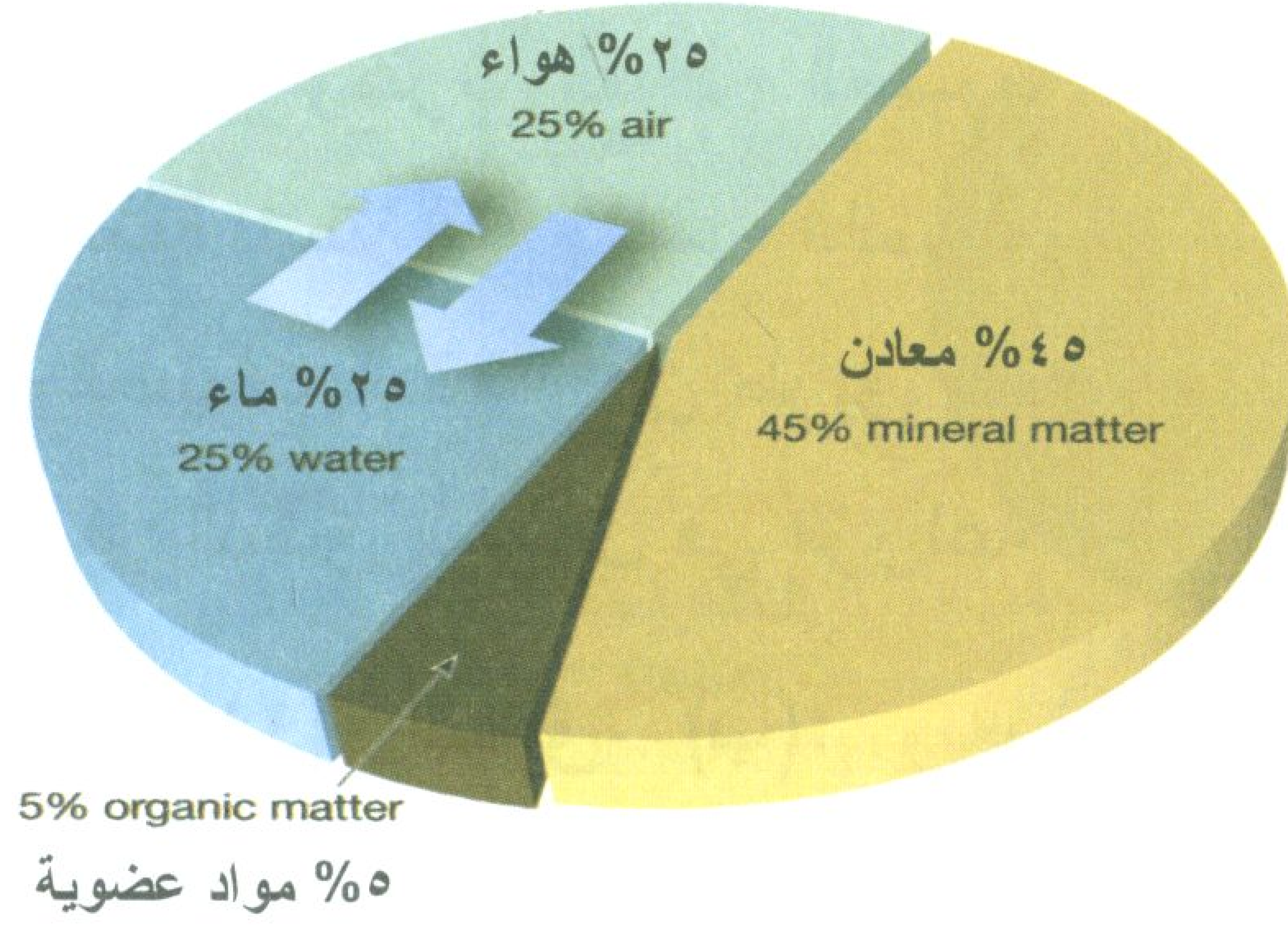
الجيرية عادة ما تحوي بداخلها درنات سيليسية، والذي يحدث أن الصخور الجيرية تذوب بفعل حمض الكربونيك تاركة وراءها هذه الدرنات السيليسية التي لا يؤثر فيها هذا الحامض.



شكل ٥-١٣. مراحل تكوّن التجوية الكروية (spheroidal weathering).

التربة (Soil)

التربة هي الجزء العلوي للوشاح الصخري، وهي معادن مختلفة قد نتجت من تجوية المكونات الصخرية، بالإضافة إلى المواد العضوية المتراكمة نتيجة الأنشطة الزراعية (الدبال Humus) والهواء (شكل ٥-١٤)، وتمثل التربة الجزء الذي ينمو فيه النبات. والتربة إما أن تكون من نفس الصخر الذي تقع فوقه، وتعرف بالتربة الموضعية، أو المتبقية (residual soil)، أو تنقل من مكان إلى آخر حيث تكوّن التربة المنقولة أو الغريبة (transported).



شكل ٥-١٤. مكونات التربة.

يمر تكوين التربة بثلاث مراحل هي: تحلل الصخرة الأصلية (المرحلة الأولى)؛ والتوفير المتزايد للمواد العضوية (المرحلة الثانية)؛ وتطور التربة وتمايز آفاقها (المرحلة الثالثة)، وخلال هذه المرحلة يتم عبر الحركات العمودية للماء (من أعلى إلى أسفل، ومن أسفل إلى أعلى، حسب الفصول)، نقل عناصر وجزيئات طينية، بالإضافة إلى عناصر ذائبة ومتحللة (أملاح الكالسيوم، وأكاسيد الماء، والطين، والدبال)، تعمل انتقالات تلك العناصر من أعلى إلى أسفل، أو من أسفل إلى أعلى بواسطة الماء على إنضاج التربة وتمييز آفاقها.

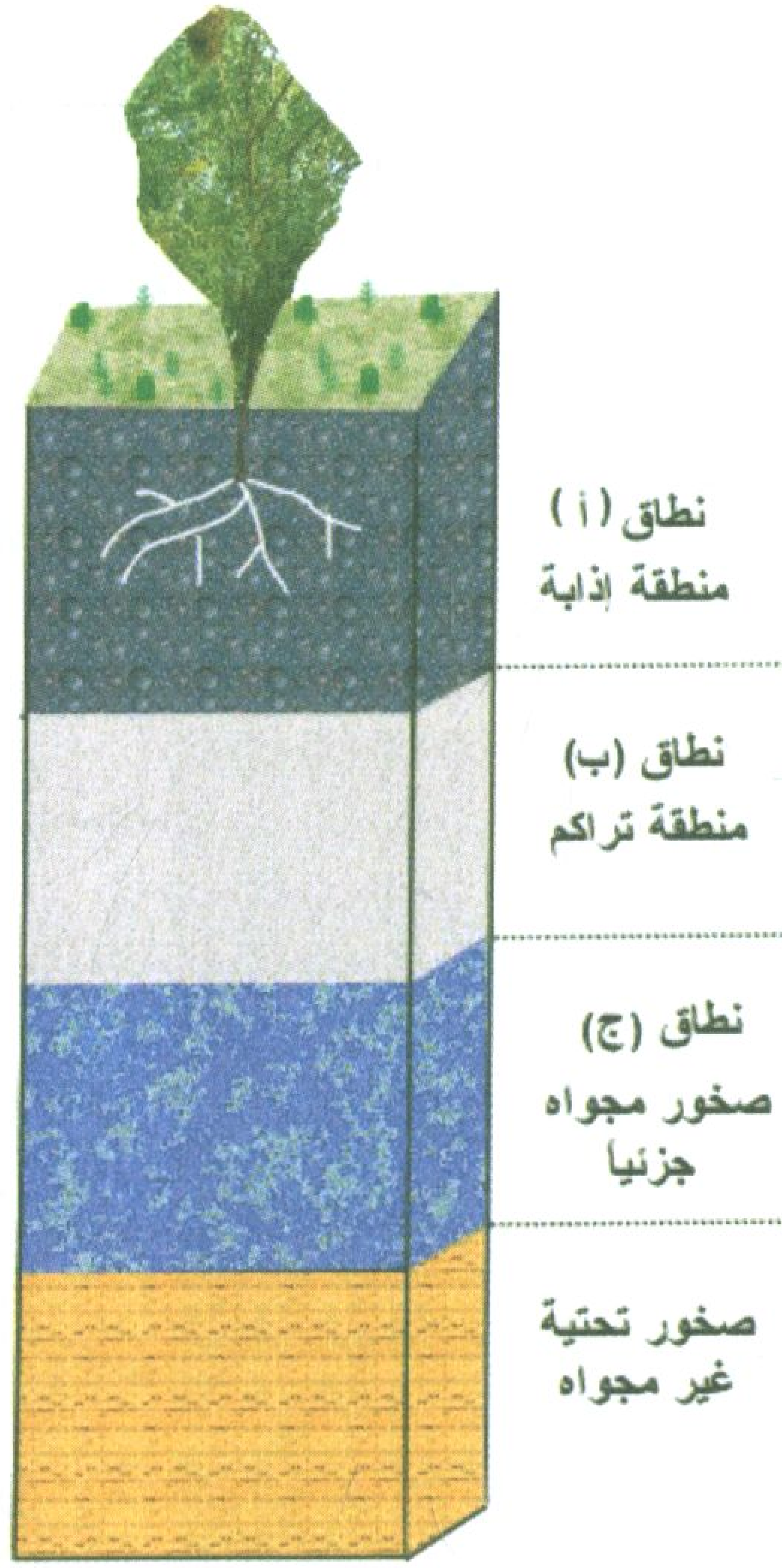
نطاقات التربة (Soil Zones)

يتألف القطاع الرأسي في التربة من ثلاث نطاقات رئيسة موازية في اتجاهاتها لسطح التربة في الغالب، وقد استخدمت الحروف أ، ب، ج لرمز الدلالة على هذه النطاقات (شكل ٥-١٥).

(١) **النطاق (أ)**: يسمى بالتربة السطحية (topsoil)، ويتسم بأكبر نشاط حيوي، وكثرة المواد العضوية، ويعتبر منطقة استنزاف وغسل دائم للمواد الذائبة والحبيبات الدقيقة، عن طريق المياه المتخللة وهو النطاق المستغل في الزراعة.

(٢) **النطاق (ب)**: ويعرف أحياناً بنطاق تحت التربة (subsoil)، وهو منطقة تركيز الأملاح والحبيبات الطينية المستنزفة من نطاق (أ) وتزيد به الكائنات الحية والمواد العضوية.

(٣) **النطاق (ج)**: لا ينتمي للتربة، ويتميز بقلة المواد العضوية، ويتكون تدريجيًا من الصخر الذي تمت تجويته جزئيًا (partially weathered rock)، حتى ينتهي إلى الصخر الأصلي الذي لم تتم تجويته، ويتميز هذا النطاق بقلة المواد العضوية.

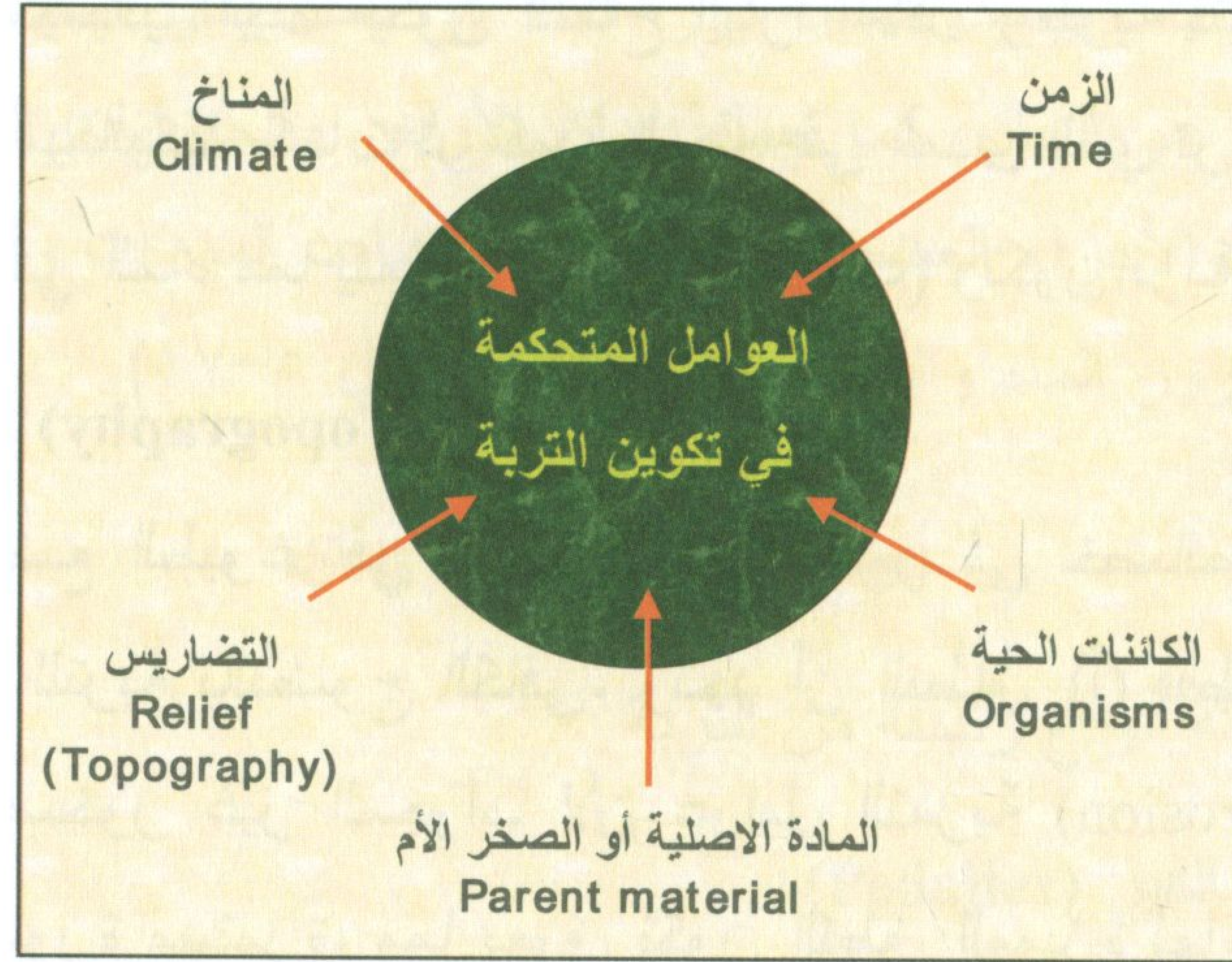


شكل ٥-١٥. التدرج الطبقي الرأسي للتربة (لا يخضع لمقياس رسم).

قد تكون الخطوط بين نطاقات التربة واضحة وقد تمتزج. قد تفقد التربة النطاقات كلية، وتوصف بأنها تربة غير ناضجة، خاصة على السفوح شديدة الانحدار، حيث تعمل عوامل التعرية على تجريد السفوح من التربة.

العوامل المتحكمة في تكوين التربة
(Factors that Control Soil Formation)

هناك خمس عوامل أساسية تتحكم في تكوين التربة (شكل ٥-١٦):



شكل ٥-١٦. العوامل الخمس الأساسية المتحكمة في تكوين التربة.

(١) المادة الأصلية (الصخر الأم) (Parental Material)

يؤثر التركيب المعدني للمادة الأصلية في نوعية التربة وخصوبتها، فإذا كانت تفتقر إلى العناصر اللازمة لنمو النبات، فإن فائدتها تكون قليلة. وعلى سبيل المثال، فهناك تربة جيرية وتربة رملية وتربة حصوية ... إلخ.

(٢) الزمن (Time)

والمقصود به هنا الفترة الزمنية التي استغرقتها عمليات تكوين التربة. كلما استمرت عمليات التجوية المختلفة لمدة طويلة، كلما تغلب تأثيرها على المادة الأصلية، مما يؤدي إلى تكون تربة سميكة. إذا كانت الصخور في منطقة معينة في حالة تعرية مستمرة (نارية) أو في حالة تكوّن مستمر (رسوبية) لا يمكن أن تتكون تربة ناضجة.

(٣) المناخ (Climate)

يعتبر من أهم عوامل تكوين التربة، باعتبار أنه يتحكم في نوع وشدة عمليات التجوية المختلفة. فمثلاً يكوّن المناخ الحار الرطب طبقة سميكة من

التربة المجواة كيميائيًا. بينما يكوّن المناخ البارد الأقل رطوبة قشرة رقيقة من الفتات المجوّي ميكانيكيًا. كما تؤثر كمية المطر في المدى الذي ترشح فيه المواد المختلفة الذائبة في الماء مما ينعكس على النطاق (ب) وتكوّن تربة ناضجة.

(٤) التضاريس (Topography)

يتحكم الوضع الطبوغرافي للتربة إلى حد كبير في خصائصها، فالسفوح الشديدة لا تتيح للتربة بالنضوج الكافي، ونجد أن النطاق (أ) فقط هو الموجود مباشرة فوق الصخور غير المجوّاه. لأن عوامل التعرية (erosion) تتسبب في إزالة التربة بصورة مستمرة، مما يعوق تكون النطق المميزة لها. وعلى عكس ذلك، فإن السهول والمناطق القليلة الانحدار تتميز بوجود تربة سميكة، إذ أن الميل البسيط لهذه المناطق يجعلها تستقبل الرسوبيات، والفتات الصخري المنقول الذي سبق تجويته.

(٥) الكائنات الحية (Living Organisms)

وتشمل كلا من الغطاء النباتي، والمواد العضوية مثل الدبال (humus) والبكتريا (bacteria)، والأحماض العضوية (organic acids). تعتبر النباتات المصدر الرئيس للمواد العضوية في التربة، مع بعض مساهمة من الحيوانات والكائنات المجهرية الدقيقة. على سبيل المثال يتكون معظم تربة المستنقعات من المواد العضوية، بينما تحتوي تربة الصحراء على حوالي ١٪ من العوامل العضوية. تلعب الكائنات الدقيقة بما في ذلك الفطريات



شكل ٥-١٧. نشاط الكائنات الحية بالتربة.

والبكتريا والأوليات وحيدة الخلية دورًا فعالاً في تحلل بقايا النباتات والحيوانات، والناتج النهائي هو الدبال. كما تعمل ديدان الأرض والحيوانات الحفارة على مزج المعادن والأجزاء العضوية من التربة، وتساعد الممرات والمسارب التي تتركها على مرور الماء والهواء خلال التربة (شكل ٥-١٧).

أنواع التربة (Soil Types)

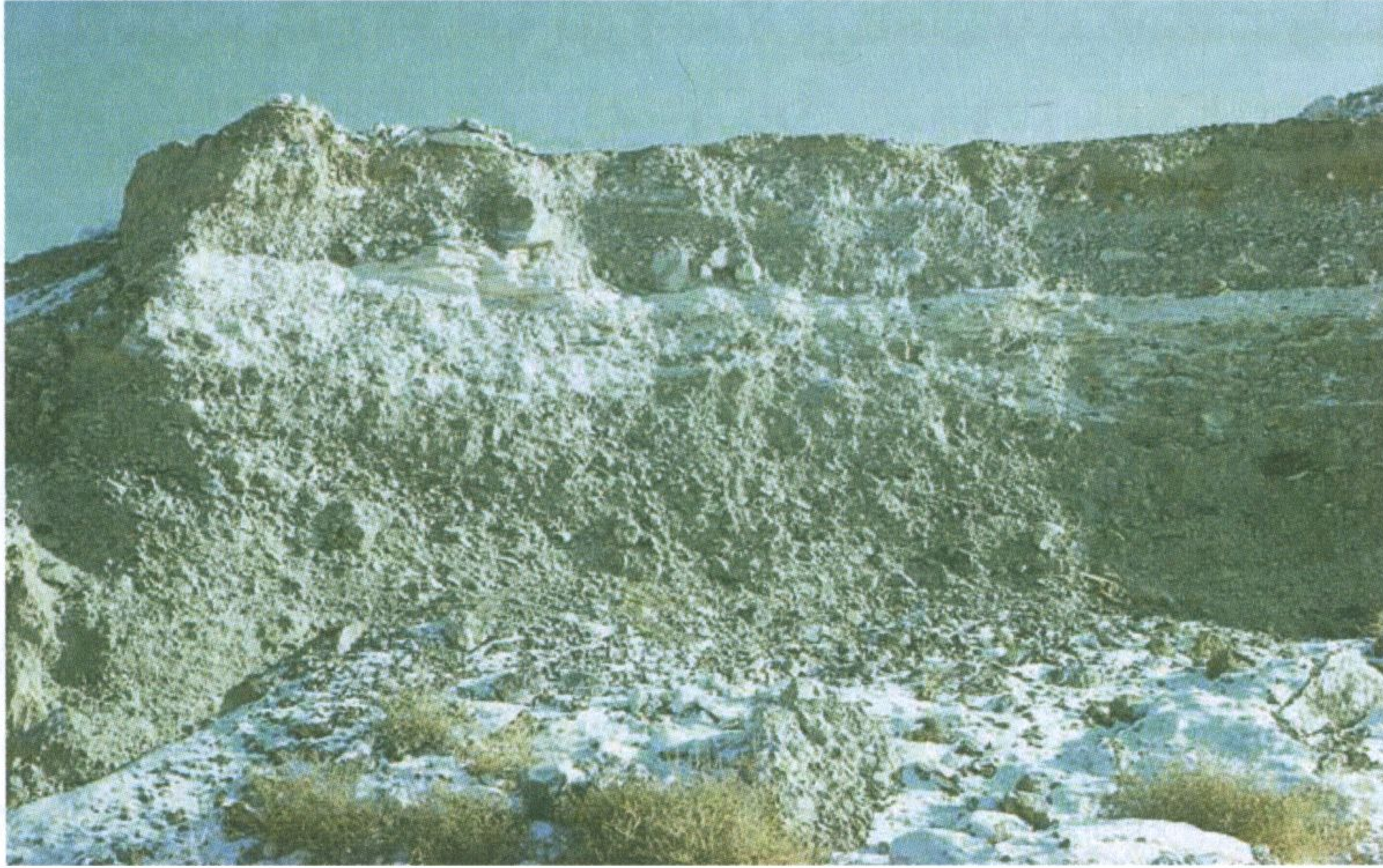
هناك ثلاثة أنواع رئيسة من التربة

(١) تربة البيدالفير (Pedalfer)

الكلمة مستمدة من كلمة " بيدون Ped " الإغريقية وتعني التربة، بالإضافة إلى الرموز Al وتعني ألومنيوم، وFe وتعني حديد. تتميز تربة البيدالفير بغناها بأكاسيد الحديد والألومنيوم في نطاق (أ)، ويزيد هنا هطول الأمطار وتترشح من التربة معظم المواد القابلة للذوبان، من كربونات كالسيوم وتنقلها المياه بعيدًا، حيث تنتقل المواد قليلة الذوبان من نطاق (أ)، وتتراكم في نطاق (ب)، مما يعطي النطاق اللون البني أو البني المحمر. يعد الغطاء النباتي في الغابات أحسن مكان لهذه التربة، حيث تتوفر كميات كبيرة من المواد العضوية المتراكمة، والظروف الحمضية اللازمة للترشيح.

(٢) تربة البيدوكال (Pedocal)

كما يدل الاسم، فإن تربة البيدوكال تتميز بتراكم كربونات الكالسيوم، وهي تميز المناطق الجافة وشبه الجافة، حيث تترسب في التربة طبقة غنية بالجير تسمى بالطبقة الكلسية أو الكاليش (caliche) (شكل ٥-١٨). وتحتفظ حبيبات التربة بمعظم المياه قرب السطح حتى تتبخر، ونتيجة لذلك، يتم ترشيح المواد القابلة للذوبان، وهي كربونات الكالسيوم من الطبقات العليا وترسيبها إلى أسفل مكونة بذلك طبقة الكاليش.



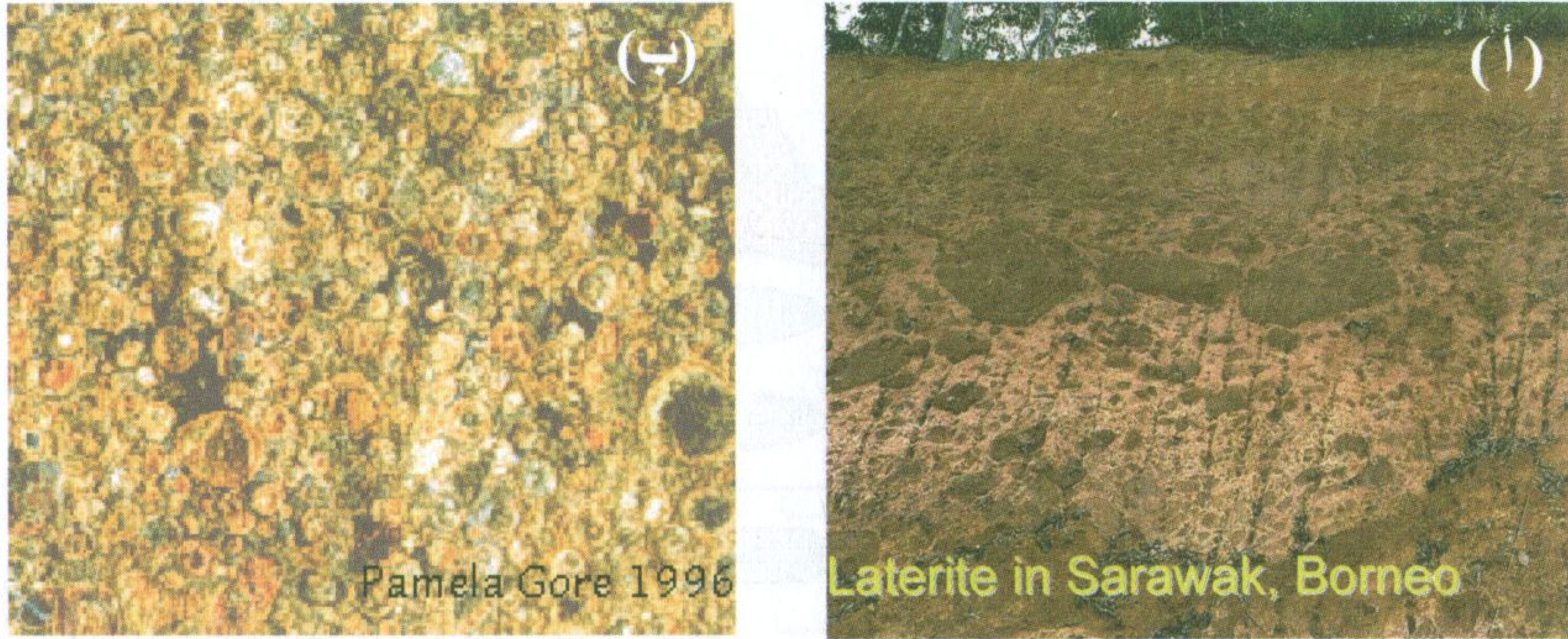
شكل ٥-١٨. تربة الكاليش.

(٣) تربة اللاتيريت والبوكسيت (Laterite and Bauxite)

وهما مادتان طبيعيتان تختلفان في المحتوى الكيميائي، بينما تتفقان في النشأة، باعتبارهما من نواتج التجوية الشديدة في نفس مناطق المناخ الحار الرطب. ولكنهما تختلفان في نوعية الصخور التي اشتقت منهما.

يأتي اسم اللاتيريت من الكلمة اللاتينية *Later* بمعنى قرميد. وينشأ اللاتيريت من جراء التجوية الكيميائية في الأقاليم الاستوائية وشبه الاستوائية، (sub-tropical)، نتيجة لتجوية الصخور النارية القاعدية، الغنية عادة بعنصري الحديد والماغنسيوم، مما يؤدي إلى إذابة معظم السيليكات بواسطة المياه المتسربة مع تركيز أكاسيد الحديد والألومنيوم في التربة. الحديد يعطي هذه التربة لونها الأحمر المميز (شكل ٥-١٩أ). تربة اللاتريت عند جفافها تكون شديدة الصلابة، ويستعملها بعض الناس في صناعة القرميد المستخدم في البناء. وفي نفس الظروف المناخية تتم تجوية الصخور النارية الحامضية، الغنية بأكسيد السيليكون، والألومنيوم، لينتج البوكسيت، الذي يتكون بصفة أساسية من أكاسيد الألومنيوم المائية، وقد اشتق الاسم من مدينة بوكس (Baux) الفرنسية، حيث تم

التعرف عليه لأول مرة (شكل ٥-١٩ب). تربة اللاتريت والبوكسيت لا تحتوي على مواد عضوية أو دبالية تذكر، وهي بذلك تعد تربة غير صالحة للزراعة. إلا أنهما ذواتا أهمية خاصة على المستوى الاقتصادي، فالبوكسيت هو الخام الرئيس للألومنيوم، بينما يستخدم اللاتيريت كأحد مصادر الحديد.



شكل ٥-١٩. (أ) تربة اللاتريت، (ب) تربة البوكسيت.

الصخور الرسوبية (Sedimentary Rocks)

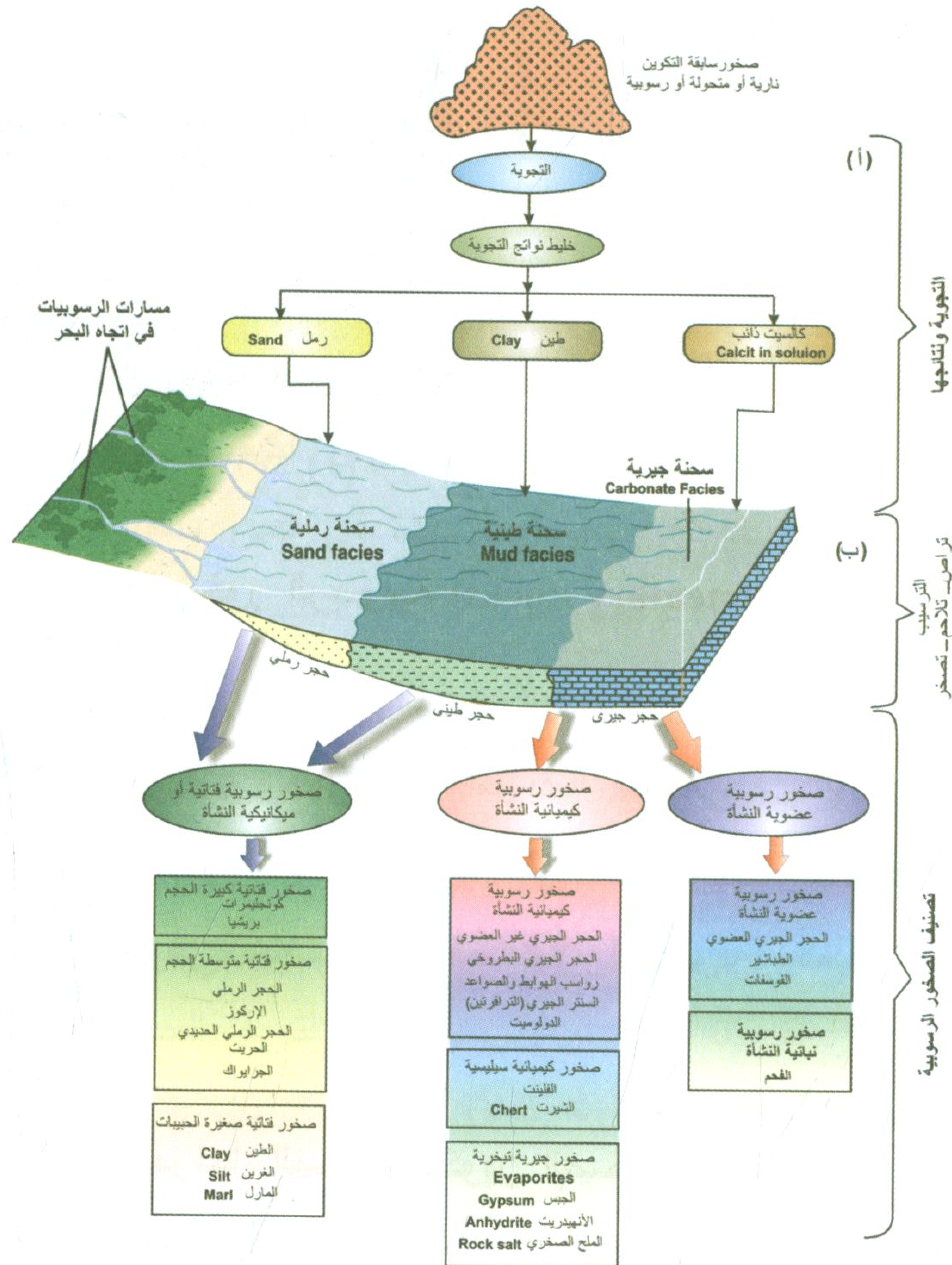
تشكل الصخور الرسوبية حوالي ٥ ٪ فقط (من حيث الحجم) من الـ ١٦ كيلومترًا الخارجية للقشرة الأرضية، أما بقية النسبة وهي ٩٥ ٪ فتتكون من الصخور المتبلورة (نارية أو متحولة). على الجانب الآخر، نجد أن الصخور الرسوبية تشكل حوالي ٧٥ ٪ من الصخور المكشوفة والظاهرة على سطح الأرض.

المراحل المختلفة لتكوين الصخور الرسوبية (Different Stages of Sedimentary Rocks Formation)

يوضح الشكل (٥-٢٠) المراحل المختلفة لتكوين الصخور الرسوبية والتي يمكن تلخيصها في النقاط التالية:

١- تحلل وتفتت الصخور سابقة التكوين (نارية أو متحولة أو رسوبية) بتأثير عمليات التجوية (weathering) الكيميائية والميكانيكية للصخور المختلفة (شكل ٥-٢٠أ).

٢- نقل نواتج التحلل والتفتت، تعقب عمليات التفتت عمليات النقل، وهي تتم بواسطة الرياح أو المياه الجارية السطحية أو المثالج (شكل ٥-٢٠ب).



شكل ٥-٢٠. المراحل المختلفة لتكوين الصخور الرسوبية. كما يوضح الشكل تصنيف الصخور الرسوبية.

٣- ترسيب المواد المنقولة، يتم ترسيب النواتج حين يفقد عامل النقل الطاقة على حمل هذه المواد كأن يضعف تيار الرياح، أو يضعف تيار الماء.

يتم الترسيب أيضا بطريقة كيميائية (chemical precipitation) حيث تترسب المواد الذائبة في المحاليل، وتنفصل على هيئة صلبة نتيجة تغير درجات الحرارة، أو الضغط، أو التركيب الكيميائي، مثل تكون بلورات الملح نتيجة لتبخير ماء البحر.

عملية التصخر (Lithification Processes)

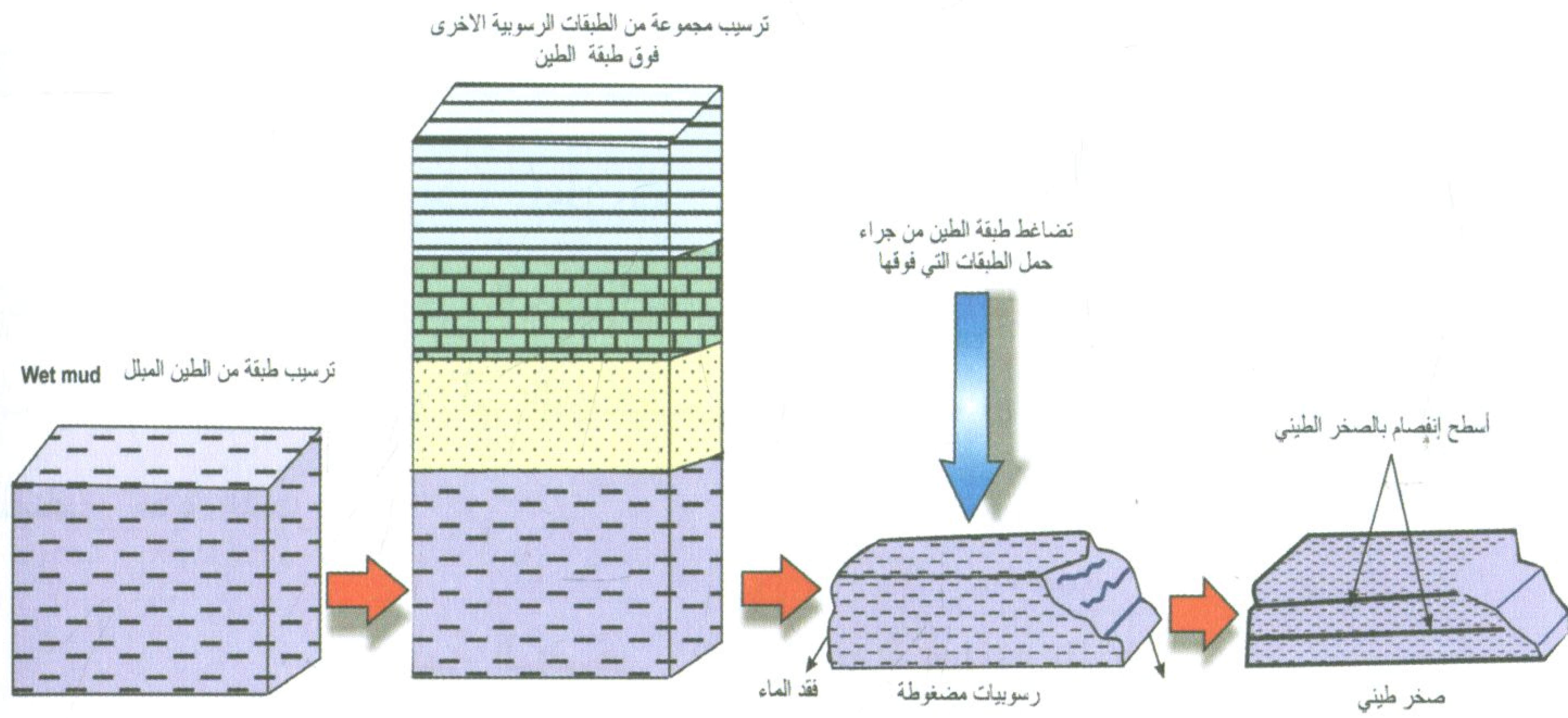
بعد نقل المواد الرسوبية ثم ترسيبها، تكون هذه المواد مفككة وغير متماسكة، ولكي تتماسك هذه الرواسب لتكون الصخر، فإنها تتعرض إلى عدة عمليات تسمى بتغيرات ما بعد الترسيب (post-depesitional changes) وأهم هذه العمليات هي:

١- التراص (Compaction)

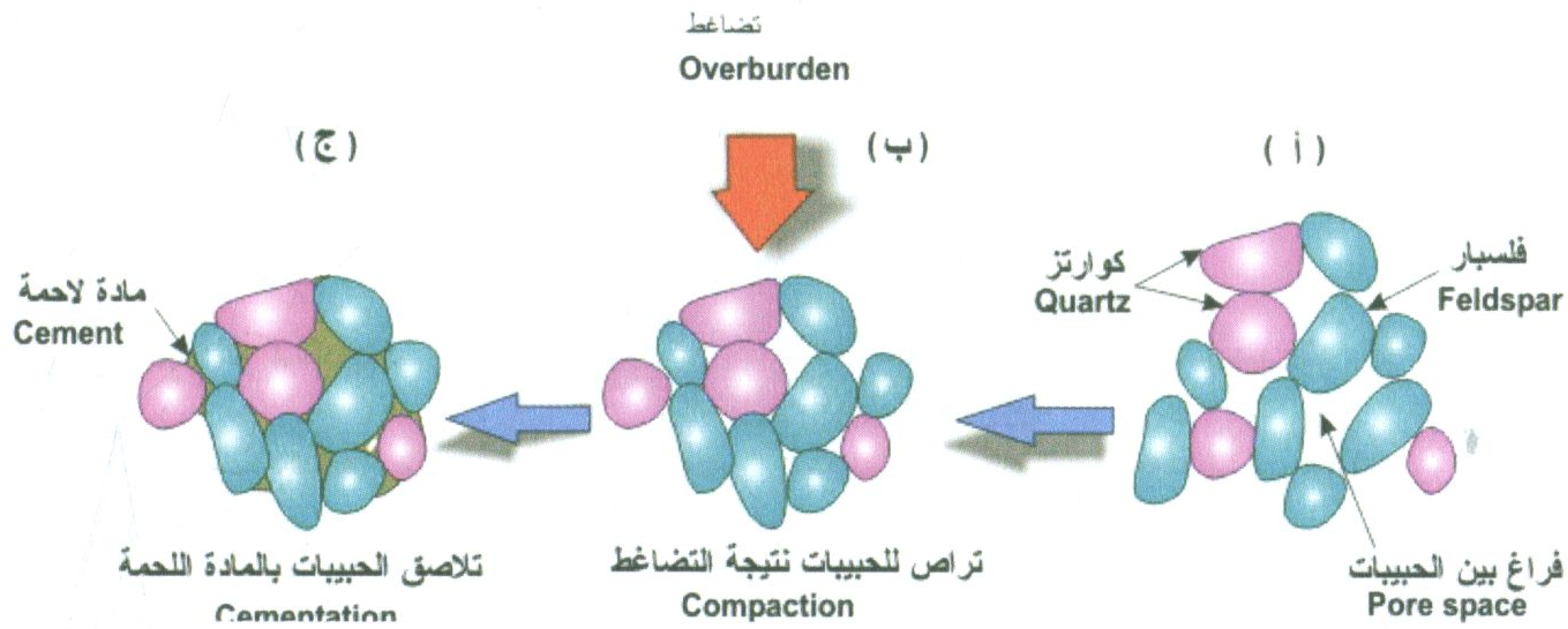
بتراكم الرسوبيات على مر الزمن، يضغط وزن المواد اللاحقة على الرسوبيات السابقة، وعندما تنضغط الحبيبات إلى بعضها البعض، يتناقص الفراغ الذي يفصلها عن بعضها، وهذا التناقص في الحجم، في حالة الطفلة، قد يصل إلى ٤٠٪ مما يؤدي إلى شدة تماسكها (شكل ٥-٢١). لعملية التراص أهمية واضحة في الصخور دقيقة الحبيبات، مثل الحجر الطفلي.

٢- التلاصق (Cementation)

تحدث عمليات التلاصق في الرسوبيات ذات الحبيبات الخشنة، والتي يضعف تماسكها بالضغط، وعملية اللحام عبارة عن ترسيب مواد لاحمة بواسطة المياه التي تتخلل الفراغات المتاحة بين الحبيبات، ومن أهم المواد اللاحمة الكالسيت، والسيليكون، وأكاسيد الحديد (شكل ٥-٢٢).



شكل ٥-٢١: رسم توضيحي يبين عملية التراص التي يمر بها الصخر الرسوبي.



شكل ٥-٢٢. رسم توضيحي يبين عملية التراص والتلاحم التي يمر بها الصخر.

٣- التبلور (Crystallization)

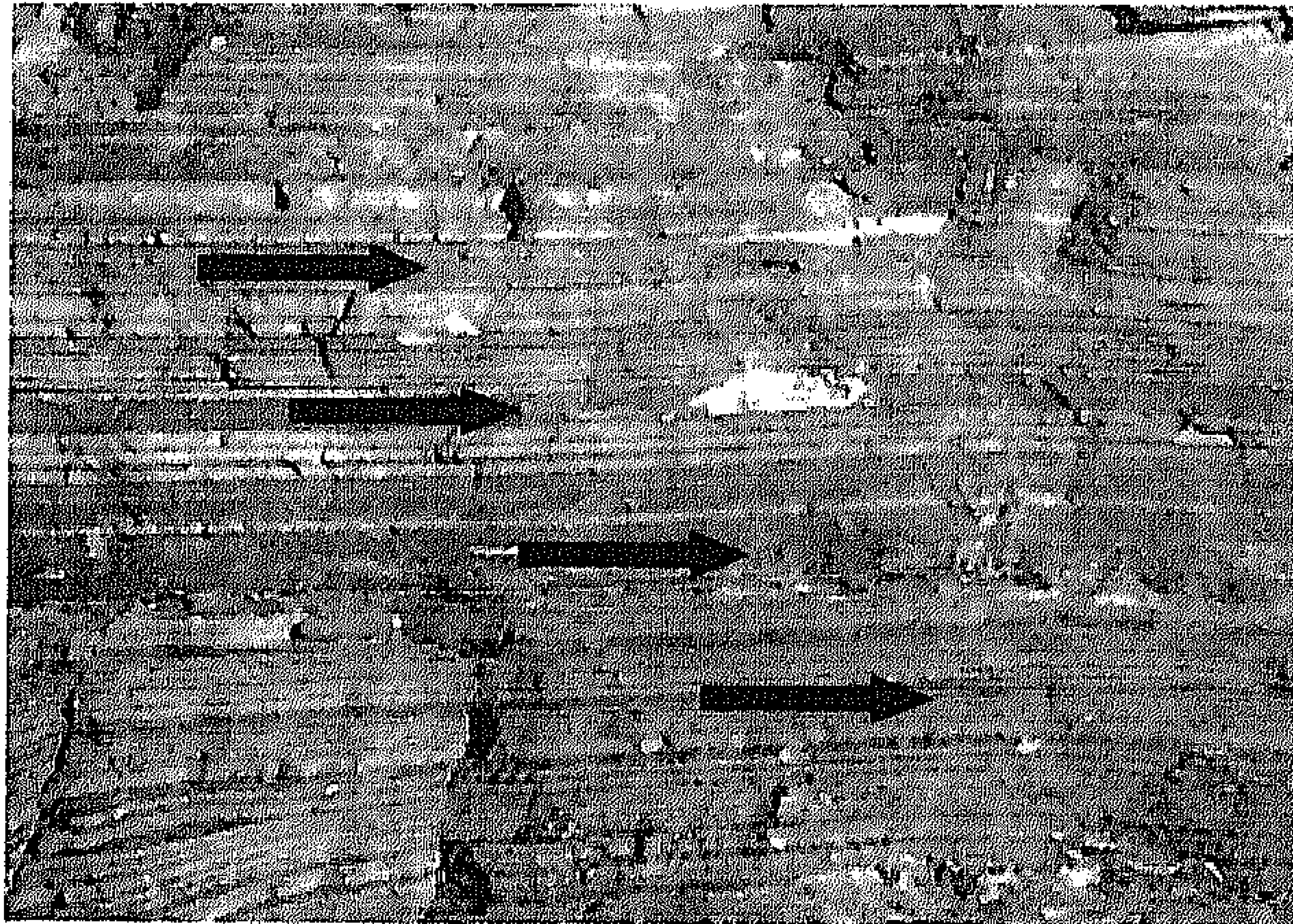
التبلور هو أيضا أحد عمليات التصخر ويوجد في الصخور الرسوبية المتراكمة كيميائيًا. تنمو البلورات في هذه الصخور بطريقة متشابكة (interlocking)، وتتداخل مع بعضها.

بنيات الصخور الرسوبية
(Structures of Sedimentary Rocks)

تعطي البنيات الرسوبية عدة معلومات عن بيئة الترسيب، والظروف البيئية السائدة التي تسببت في تكوين تلك البنيات، ومن أهم البنيات الرسوبية ما يلي:

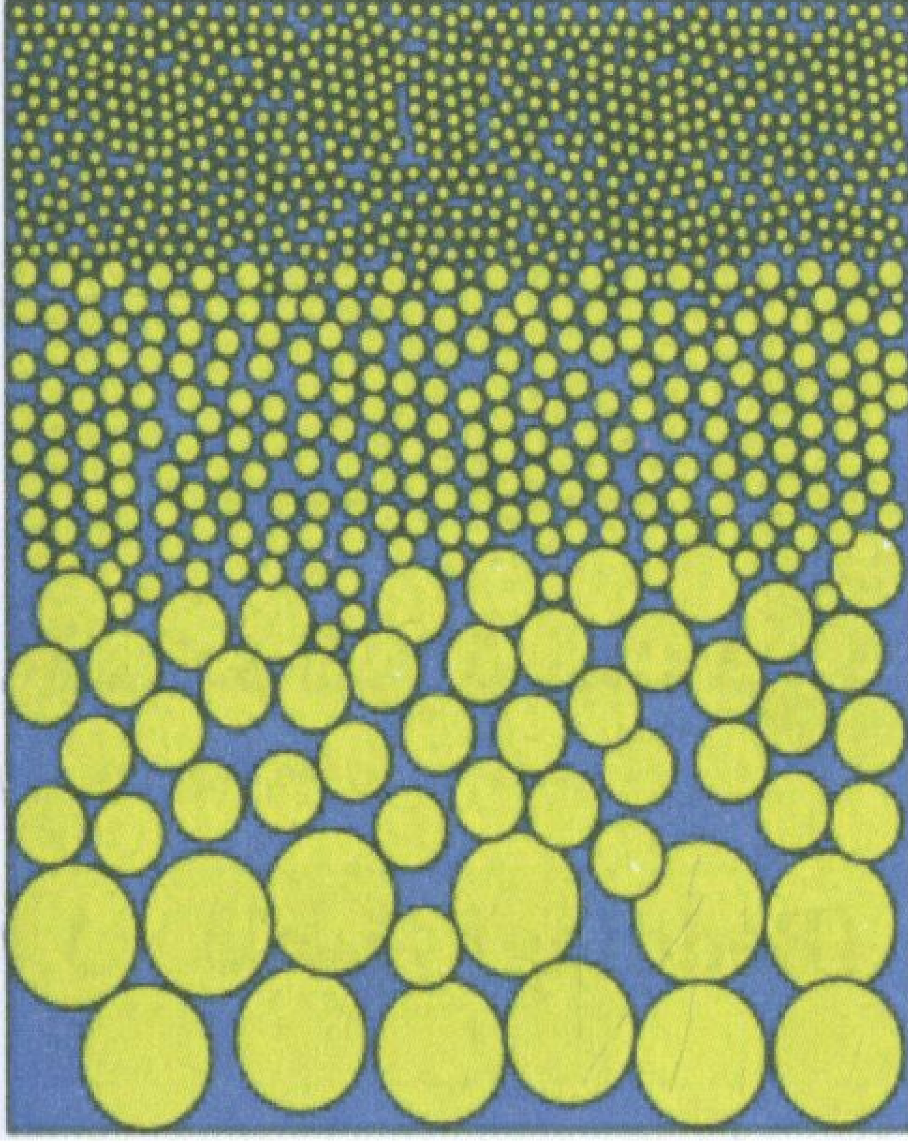
١- التطبق (Bedding)

التطبق هو الخاصية الوحيدة المميزة للصخور الرسوبية، ويطلق اسم طبقة (stratum) على جزء من الصخور الرسوبية محددة بمستويين متوازيين، علوي وسفلي (شكل ٥-٢٣). يتراوح سمك هذا الجزء بين سنتيمتر واحد وعدة أمتار، ويفصل الطبقات عن بعضها البعض مستويات تطبق (bedding planes)، يمكن أن تنشأ المستويات الطبقية نتيجة للتغيرات في حجم الحبيبات، أو في تركيب الرواسب المتراكمة.



شكل ٥-٢٣. التطبق (Bedding).

٢- التطبق المتدرج (Graded Bedding)



شكل ٥-٢٤. التطبق المتدرج.

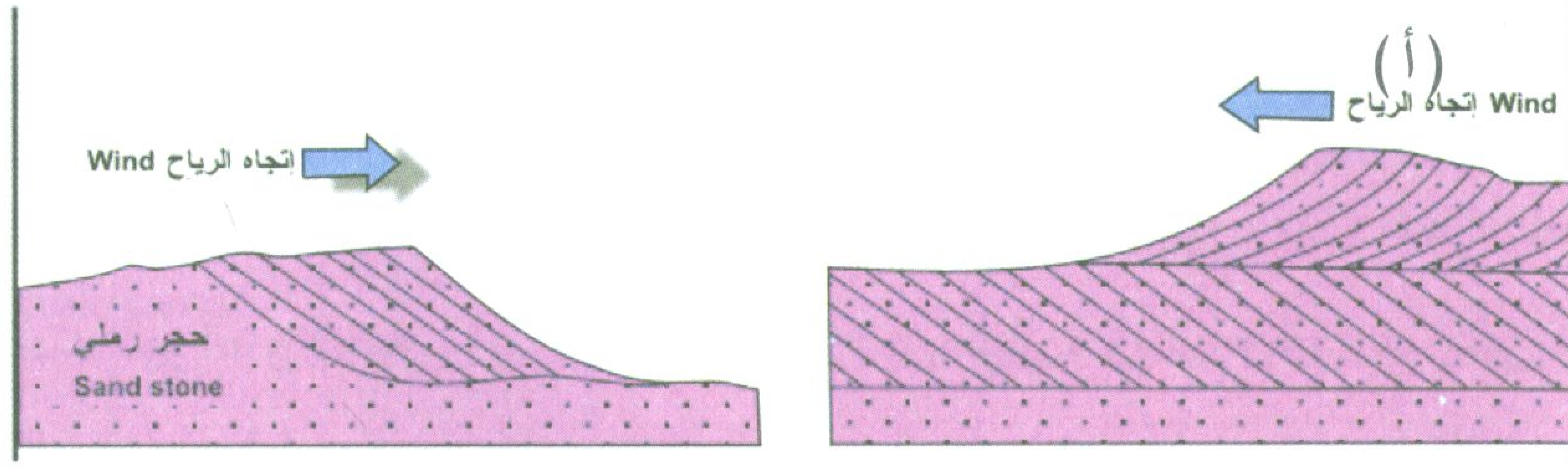
في حالة الرسوبيات الفتاتية الخشنة، يمكن أن نلاحظ تدرجًا في حجم الحبيبات في الطبقة الرسوبية الواحدة، من حجم خشن عند القاع، إلى حجم دقيق عند القمة. تمثل الطبقة المتدرجة، التراكم السريع من مياه تحتوي على رواسب ذات أحجام مختلفة، وعندما يفقد التيار سرعته بشكل فجائي فإن الحبيبات الكبيرة تترسب أولاً، تليها الحبيبات الأصغر حجمًا على التوالي (شكل ٥-٢٤).

٣- التطبق المتقاطع (Cross Bedding)

توجد أحيانًا في الرسوبيات الخشنة الحبيبات أنواع أخرى من التطبق غير موازية لمستوى الترسيب، بل تميل على هذا المستوى في اتجاه التيارات التي كانت سائدة أثناء التراكم (شكل ٥-٢٥)، هذا النوع من التطبق يميز الرسوبيات التي تتكون في مناطق يسود فيها تيارات ثابتة الاتجاه، مثل الأنهار ومناطق الدلتات.

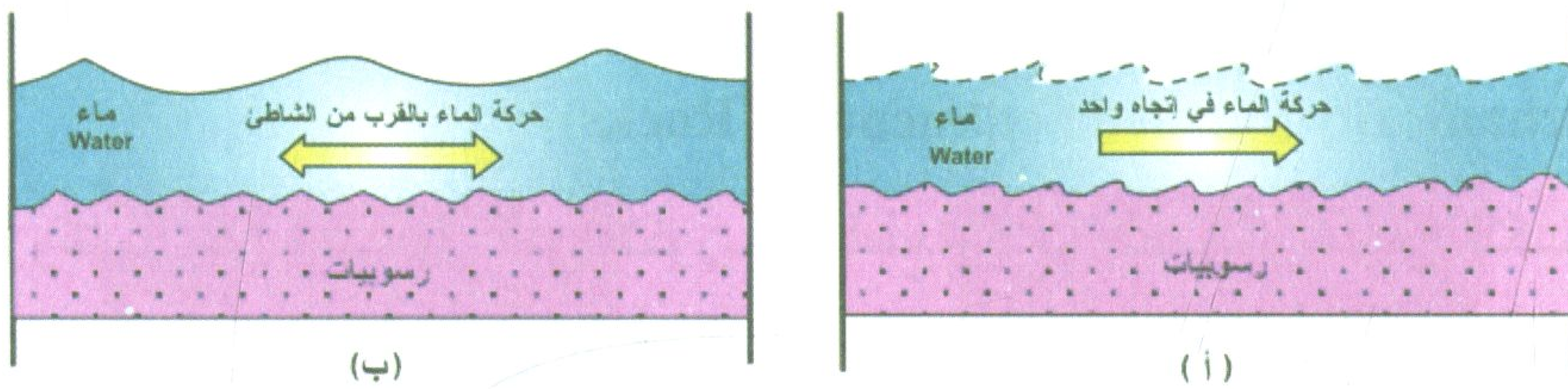
٤- علامات النيم (Ripple Marks)

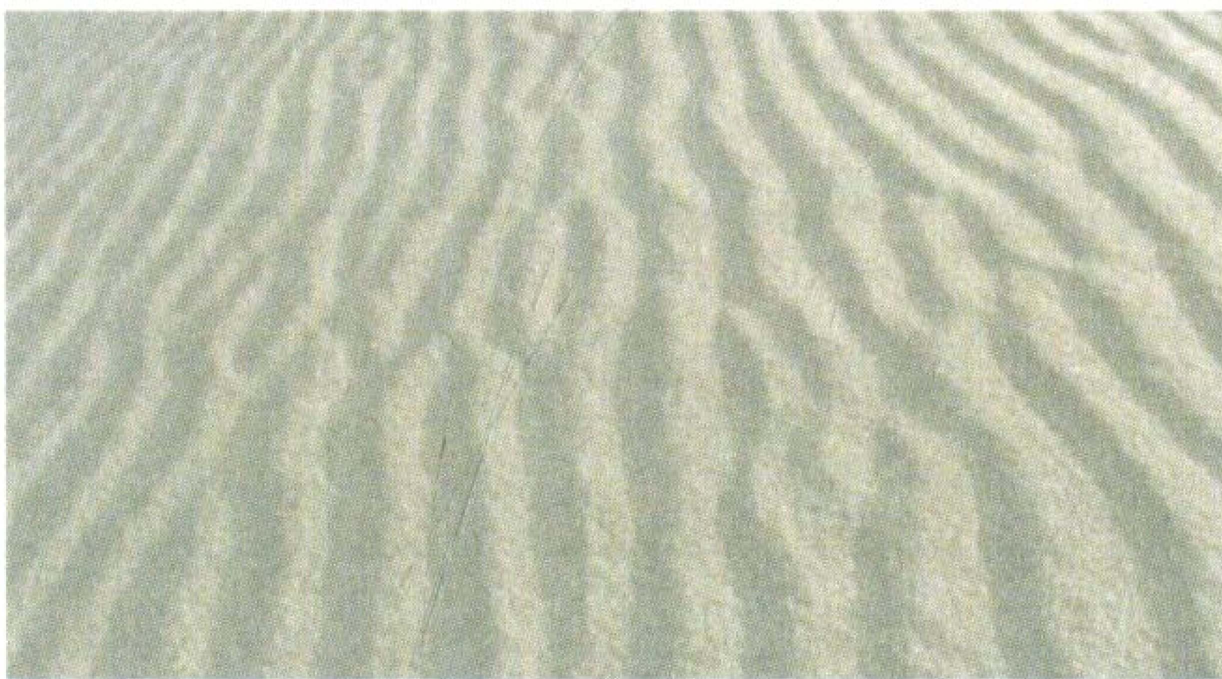
هي موجات رملية صغيرة تنشأ على سطح الطبقات الرسوبية بواسطة حركة الماء أو الهواء، وتكون حواف علامات النيم متعامدة مع اتجاه الحركة. إذا كانت علامات النيم ناشئة عن حركة الماء أو الهواء في اتجاه واحد، فإنها تنتج أشكالا عديمة التماثل، وتكون جوانب علامات النيم التي في اتجاه التيار أقل انحدارًا من جوانبها التي في عكس اتجاهه (شكل ٥-٢٦أ). تنشأ علامات النيم المتماثلة عادة من حركة الأمواج السطحية جيئةً وذهابًا في المياه الضحلة القريبة من الشاطئ (شكل ٥-٢٦ب).





شكل ٥–٢٥. (أ) نشأة التطبق المتقاطع عن طريق تغير اتجاه الرياح، (ب) صورة للتطبق المتقاطع.







شكل ٥–٢٦. (أ) علامات النيم غير المتماثلة، (ب).علامات النيم المتماثلة.

٥- الشقوق الطينية (Mud Cracks)

عندما تجف الرسوبيات ينكمش سطحها، وخاصة الطين، مكونًا شقوقًا مميزة (انظر شكل ٥-٣). وجود هذه الشقوق في الصخور يدل على تعرض الرسوبيات للهواء والجفاف، بعد فترة طويلة من البلل، ويدل وجودها على بيئات معينة مثل المياه الضحلة، والأحواض الصحراوية.

تصنيف الصخور الرسوبية
(Classification of Sedimentary Rocks)

يمكن تقسيم الصخور الرسوبية حسب طريقة تكوّنها ونشأتها إلى ثلاثة أقسام رئيسة (انظر شكل ٥-٢٠):

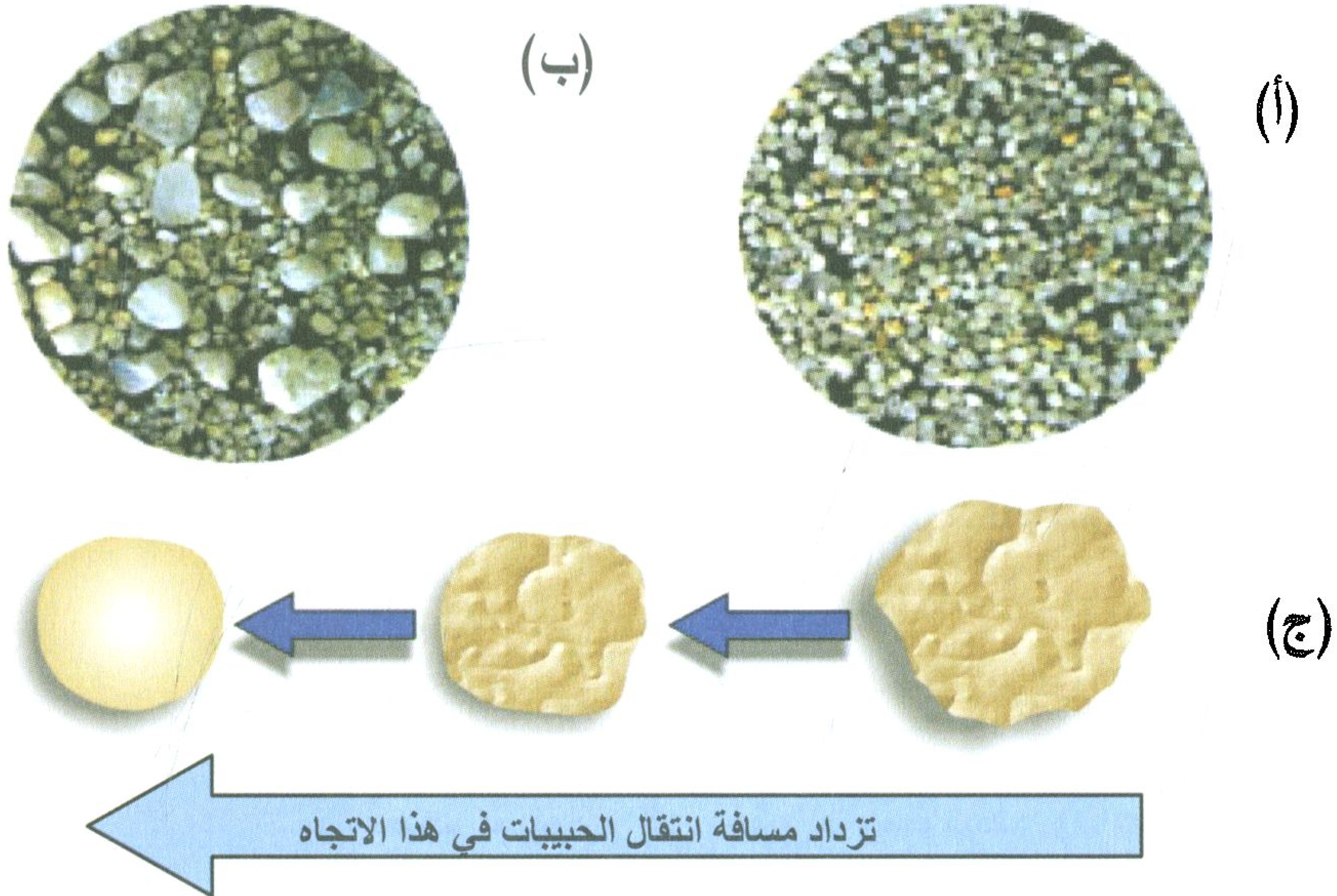
١- صخور رسوبية فتاتية أو ميكانيكية النشأة.
٢- صخور رسوبية كيميائية النشأة.
٣- صخور رسوبية عضوية النشأة.

أولاً: الصخور الرسوبية فتاتية (ميكانيكية) النشأة
(Mechanically Formed Sedimentary Rocks)

وتشمل كل الصخور التي تتكون من قطع وفتات الصخور سابقة التكوين، والتي يتم نقلها بواسطة الرياح، أو المياه الجارية، أو المثالج، أو غيرها إلى أماكن ترسيبها، ثم تتماسك وتتصلد. يوضح جدول (٥-٢) تصنيف الصخور الفتاتية حسب أحجام حبيباتها. في كثير من الأحيان، قد تتكون الصخور الرسوبية من نسب مختلفة من الأحجام الفتاتية المبينة بالجدول رقم (٥-٢)، وفي هذه الحالة تستعمل تسميات مزدوجة، مثل طين رملي، أو ثلاثية، مثل غرين رملي طيني. كما يمكن تصنيف الصخور الرسوبية الفتاتية بناءً على درجة استدارة حبيباتها (roundness)، أو درجة فرز هذه الحبيبات (sorting)، كما هو موضح في الشكل (٥-٢٧). سوف نتناول فيما يلي وصف بعض الصخور الرسوبية بناءً على حجم حبيباتها.

جدول ٥-٢. تصنيف الصخور الفتاتية حسب أحجام حبيباتها.

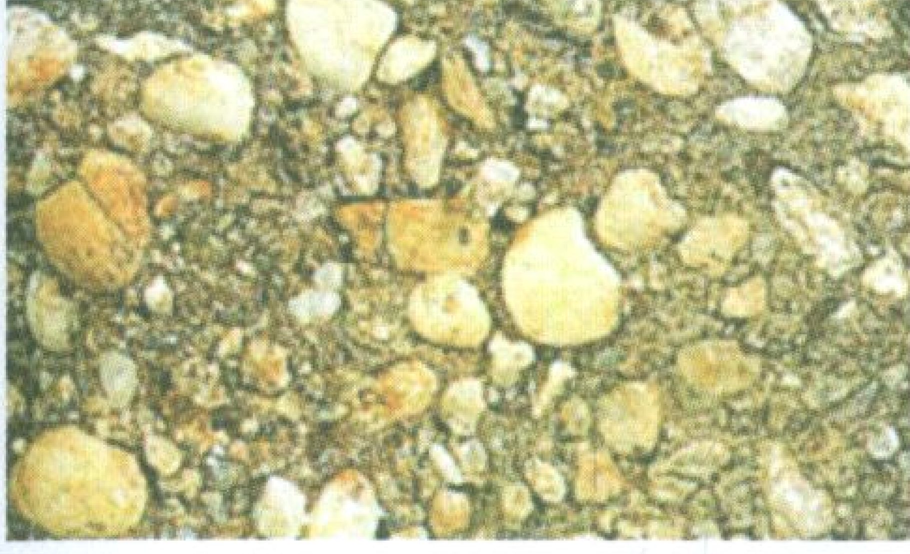
اسم القطعة	الحجم / مم	اسم الرسوبيات		اسم الصخور
جلمود Boulder	أكبر من ٢٥٦	جرول Gravel		كنجلوميرات Conglomerate أو بريشيا Breccia
زلط Cobble	٦٤ - ٢٥٦	جرول		
حصي Pebble	٤ - ٦٤	جرول		
حبيبة Granule	٢ - ٤	جرول		
حبة رمل Sand	٢ - ٠,٠٦٢	رمل Sand		حجر رملي Sandstone
حبة غرين Sill	٠,٠٦٢- ٠,٠٠٤	غرين Silt		حجر غريني Siltstone
حبة طين Clay	أقل من ٠,٠٠٤	طين Clay		حجر طيني أو طفلي Claystone or shale



شكل ٥-٢٧. (أ) حبيبات جيدة الفرز، (ب) حبيبات ضعيفة الفرز، (ج) استدارة الحبيبات.

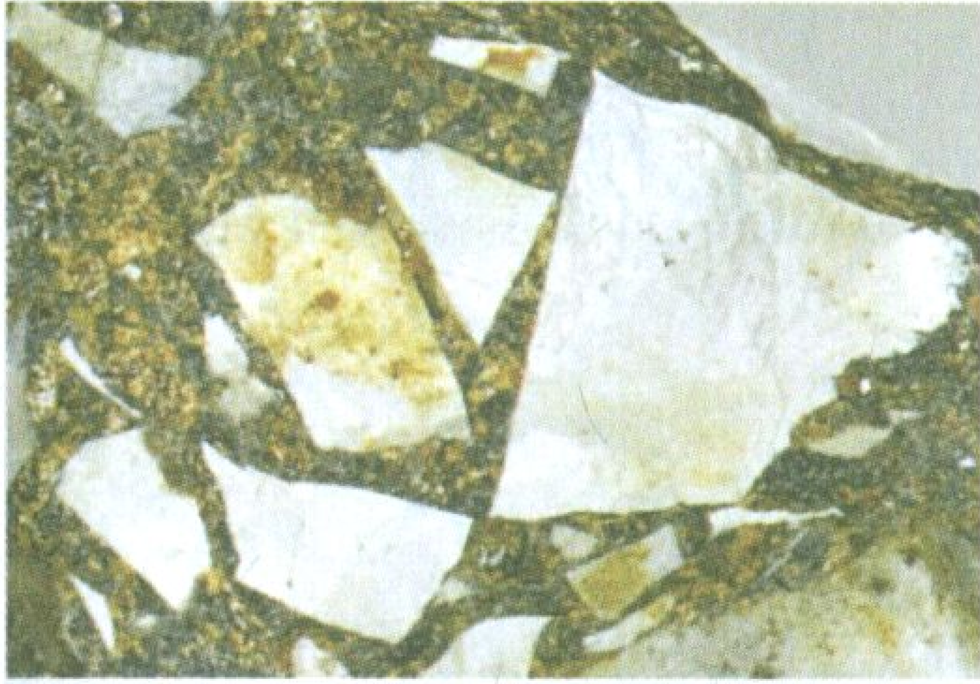
الصخور الفتاتية كبيرة الحبيبات (يزيد قطرها عن ٢ مم)
(Coarse Grained Mechanical Sedimentary Rocks)

١- الكنجلوميرات (conglomerate)


شكل ٥-٢٨. كونجلميرات.

يتكون من قطع صخرية مستديرة مصقولة كبيرة الحبيبات، يمتلئ الفراغ بين الحبيبات بمادة لاحمة جيرية، أو سليسية، أو حديدية (شكل ٥-٢٨). يترسب الكنجلوميرات عادة بعيدًا نسبيًا عن مصدره الأصلي مما يساعد على استدارة حبيباته.

٢- البريشيا (breccias)


شكل ٥-٢٩. بريشيا.

يختلف صخر البريشيا عن الكنجلـوميرات بأن حبيباته حادة الزوايا (شكل ٥-٢٩)، وهــذا يدل على أن الصخر ترسب بالقرب من مصدره الأصلي، إذ أنه لم يتعرض للكثير من الاحتكاك، وله نفس المواد اللاحمة. يتكون صخر البريــشيا في مناطق القص والتصدع حيث يؤخذ كدليل للعمليات التكتونية العنيفة.

الصخور الفتاتية متوسطة الحبيبات (من ٢ – ٠,٠٦٢مم)
(Medium Grained Mechanical Sedimentary Rocks)

١- الحجر الرملي (sandstone)

يتكون الحجر الرملي من حبيبات الكوارتز متوسطة أو دقيقة الحبيبات، ويقسم الحجر الرملي تبعًا لحجم حبيباته إلى خشن، ومتوسط، وناعم (شكل ٥-٣٠). إذا تكوّن الحجر الرملي من معادن نقلت لمسافات طويلة، وتكون نسبة الكوارتز فيه عالية جدًا، فإنه يسمى بحجر الكوارتز (المرو). بصفة عامة، فإن

المادة اللاصقة في صخور الحجر الرملي قد تكون جيرية، من معدن الكالسيت، أوالدولوميت ويسمى حجر رملي جيري، أو تكون من مادة السيليكا ويعرف بالحجر الرملي السيليسي.



(أ) (ب) (ج)

شكل ٥-٣٠. (أ) حجر رملي ناعم، (ب) حجر رملي متوسط، (ج) حجر رملي خشن.

٢- الأركوز (arkose)



شكل ٥-٣١. الأركوز

هو حجر رملي فاتح اللون، ناتج من تفتت الصخور النارية الحامضية، مثل الجرانيت، ولذلك فهو يتكون أساسًا من معدني الكوارتز والفلسبار، والمادة اللاحمة عادة ما تكون سيليسية (شكل ٥-٣١).

٣- الحجر الرملي الحديدي (ferruginous sandstone)



شكل ٥-٣٢. حجر رملى حديدي.

هو حجر رملي غني بأكاسيد الحديد (شكل ٥-٣٢).

٤- الجريت (حجر الطاحون) (grit)

يشبه الحجر الرملي، إلا أنه يتكون من حبيبات رملية خشنة تتراوح أقطارها ما بين ٢مم و ١مم، ولها حواف حادة الزاوية، وتلتحم هذه

الحبيبات مع بعضها بمادة جيرية، أو سيليسية، أو حديدية.

٥- الجرايواك (greywacke)

هو حجر رملي داكن اللون (شكل ٥-٣٣) ينتج من تفتت الصخور النارية القاعدية مثل الجابرو (gabbro)، ولذلك تكثر به المعادن الحديدوماغنيسية (ferromagnesian minerals)، مثل الأمفيبول والبيروكسين.



شكل ٥-٣٣. الجرايواك.

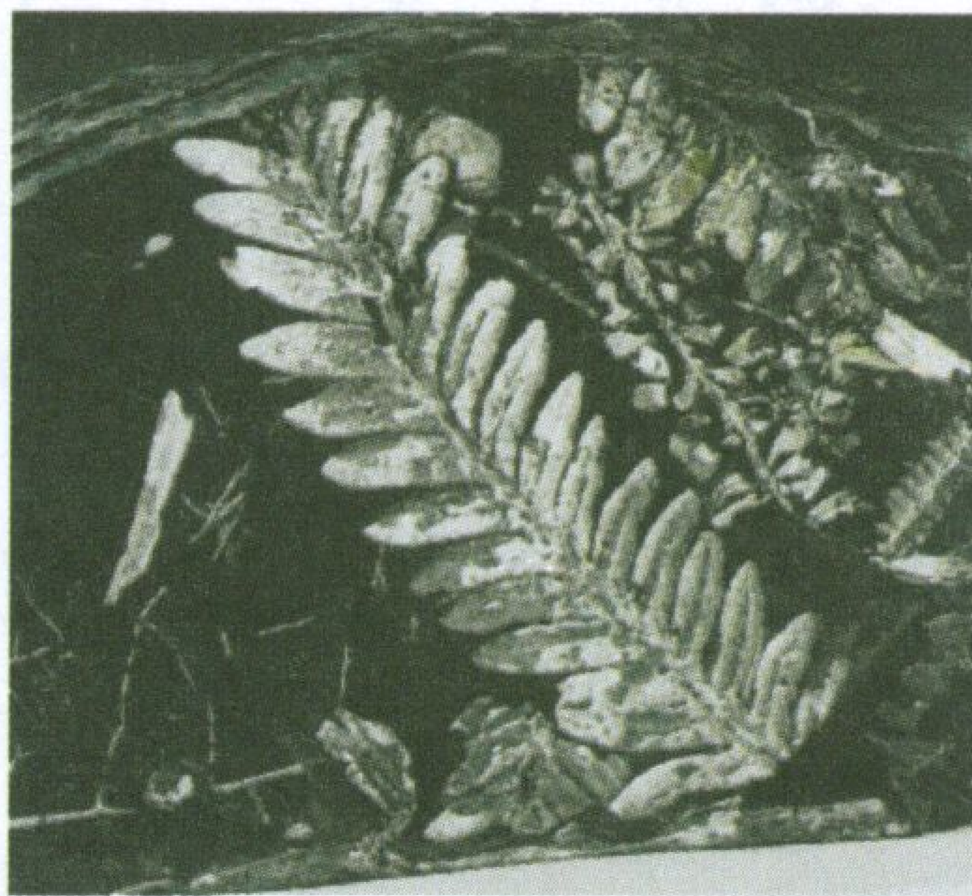
الصخور الفتاتية صغيرة الحبيبات (أقل من ٠,٠٦٢مم)

(Fine Grained Mechanical Sedimentary Rocks)

تترسب هذه الصخور عادةً في مناطق بعيدة عن أقليم المصدر، بعد أن تتعرض لعوامل التجوية فترة طويلة، ولذلك تتحول معظم السيليكات غير الثابتة في هذه الرسوبيات دقيقة الحبيبات، إلى معادن طينية مثل المونتموريلونيت والكاولينيت، ومن أهم الصخور الطينية:

١- الطين (clay)

وهو عبارة عن حبيبات دقيقة طينية يقل قطرها عن ٠,٠٠٤ مم، ويحتوي على نسبة كبيرة من الماء تصل إلى ١٥ ٪ وهي كافية لتكسبه خاصية اللدانة (القابلية للتشكيل). يتحول الطين إلى حجر طيني عندما يفقد الجزء الأكبر من محتواه المائي، نتيجة الجفاف، أو زيادة الضغط الواقع عليه، حيث يفقد قابليته للتشكيل، ويكتسب الطين ألوانًا مختلفة مثل الأحمر، أو الأصفر، أو الأخضر،



شكل ٥-٣٤. حجر طينى يحتوي على بقايا نباتية.

أو الأسود لاحتوائه على أكاسيد الحديد، والمنجنيز، وشوائب كربونية (شكل ٥-٣٤).

٢- الغرين (silt)

هو صخر دقيق الحبيبات تتراوح حجم حبيباته بين ٠,٠٦٢-٠,٠٠٤ مم، أغلب الحبيبات زاوية، وقليل منها مستدير. يتكون من معادن طينية وميكا مع نسبة بسيطة من الكوارتز، ويترسب في الدلتا بواسطة الأنهار، على هيئة طبقات رقيقة متداخلة مع الطين والحجر الرملي.

٣- المارل (marl)

هو صخر طيني يحتوي على نسبة عالية من الجير (كربونات الكالسيوم) ولذلك قد يطلق عليه اسم الطين الجيري (calcareous clay).

ثانيًا:الصخور الرسوبية كيميائية النشأة

(Chemically Formed Sedimentary Rocks)

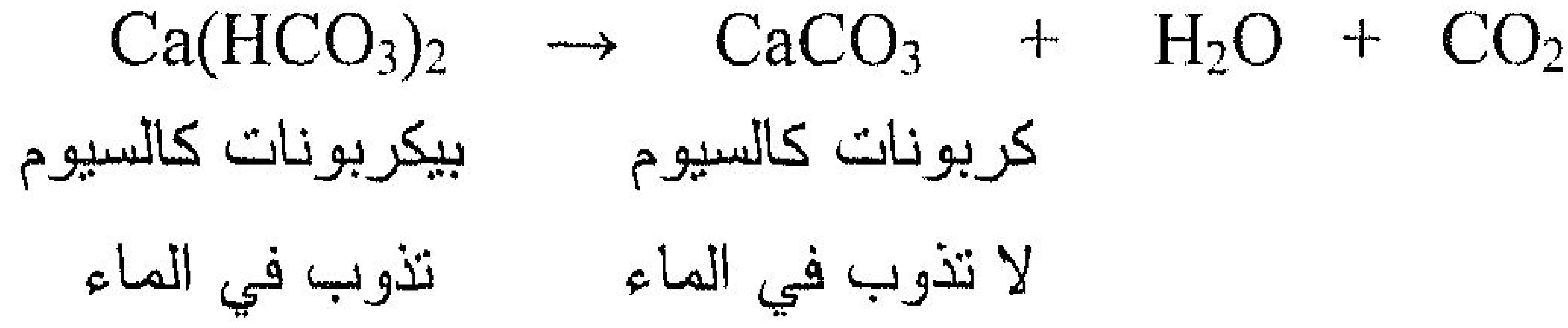
تتكون هذه الصخور نتيجة ترسيبها من محاليل تحتوي على مواد مذابة وعندما ترتفع درجة تركيزها نتيجة تبخر هذه المحاليل. قد تتكون الرواسب نتيجة لتفاعل كيميائي بين مكونات هذه المحاليل. وتنقسم الصخور الرسوبية الكيميائية حسب تركيبها الكيميائي إلى ثلاثة أنواع:

(أ) صخور رسوبية كيميائية جيرية

(Calcareous Chemical Sedimentary Rocks)

(١) الحجر الجيري غير العضوي (inorganic limestone)

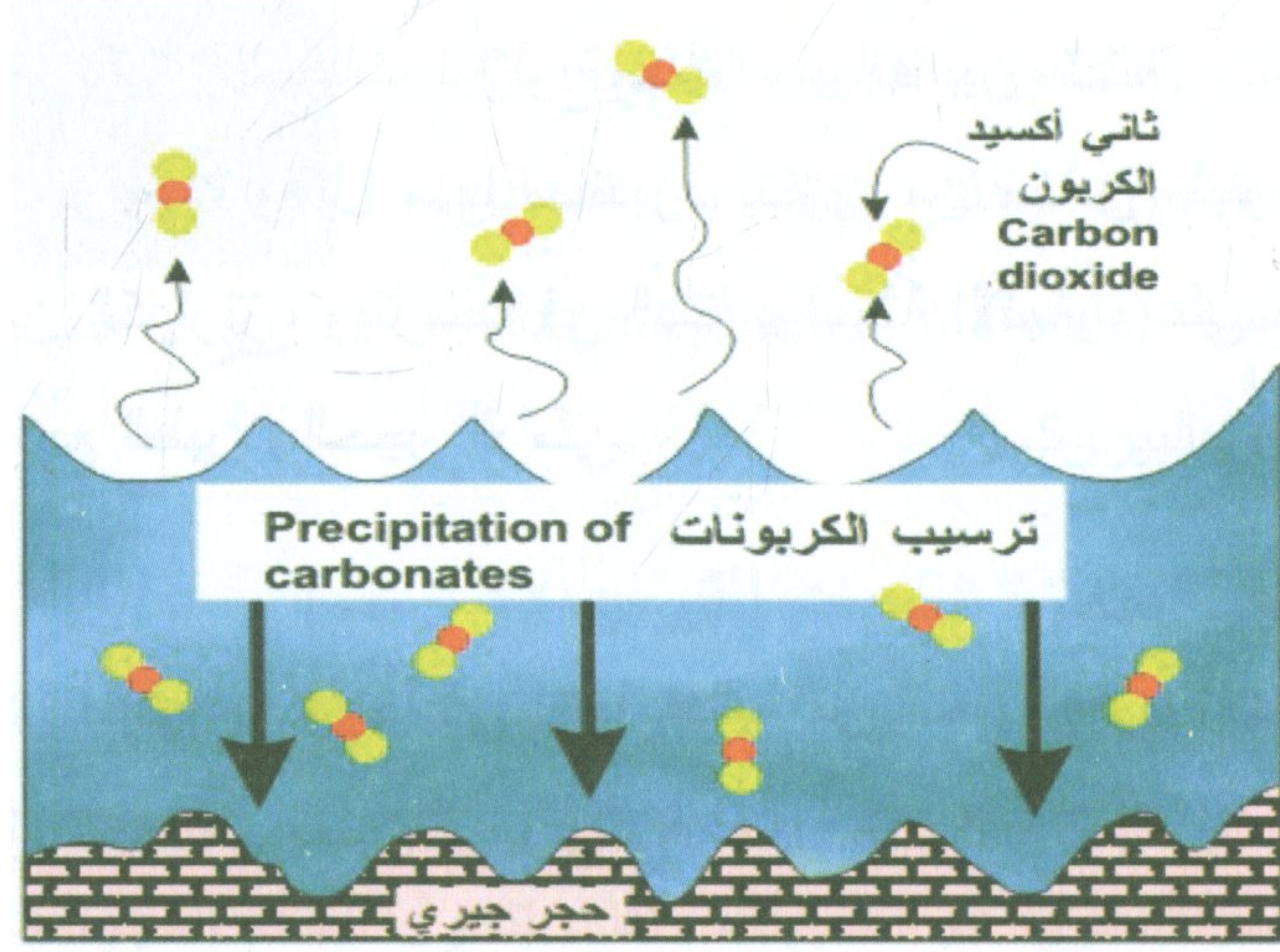
يحتوي هذا الصخر على أكثر من ٩٠٪ كربونات كالسيوم (كالسيت) ولونه أبيض، أو رمادي، ولكنه غالبا يأخذ ألوانًا أخرى. يترسب الصخر من محاليل بيكربونات الكالسيوم نتيجة فقدانها لغاز ثاني أكسيد الكربون (شكل ٥-٣٥).



$$Ca(HCO_3)_2 \rightarrow CaCO_3 + H_2O + CO_2$$

بيكربونات كالسيوم — كربونات كالسيوم

تذوب في الماء — لا تذوب في الماء



شكل ٥– ٣٥. ترسيب الكربونات من المحاليل.

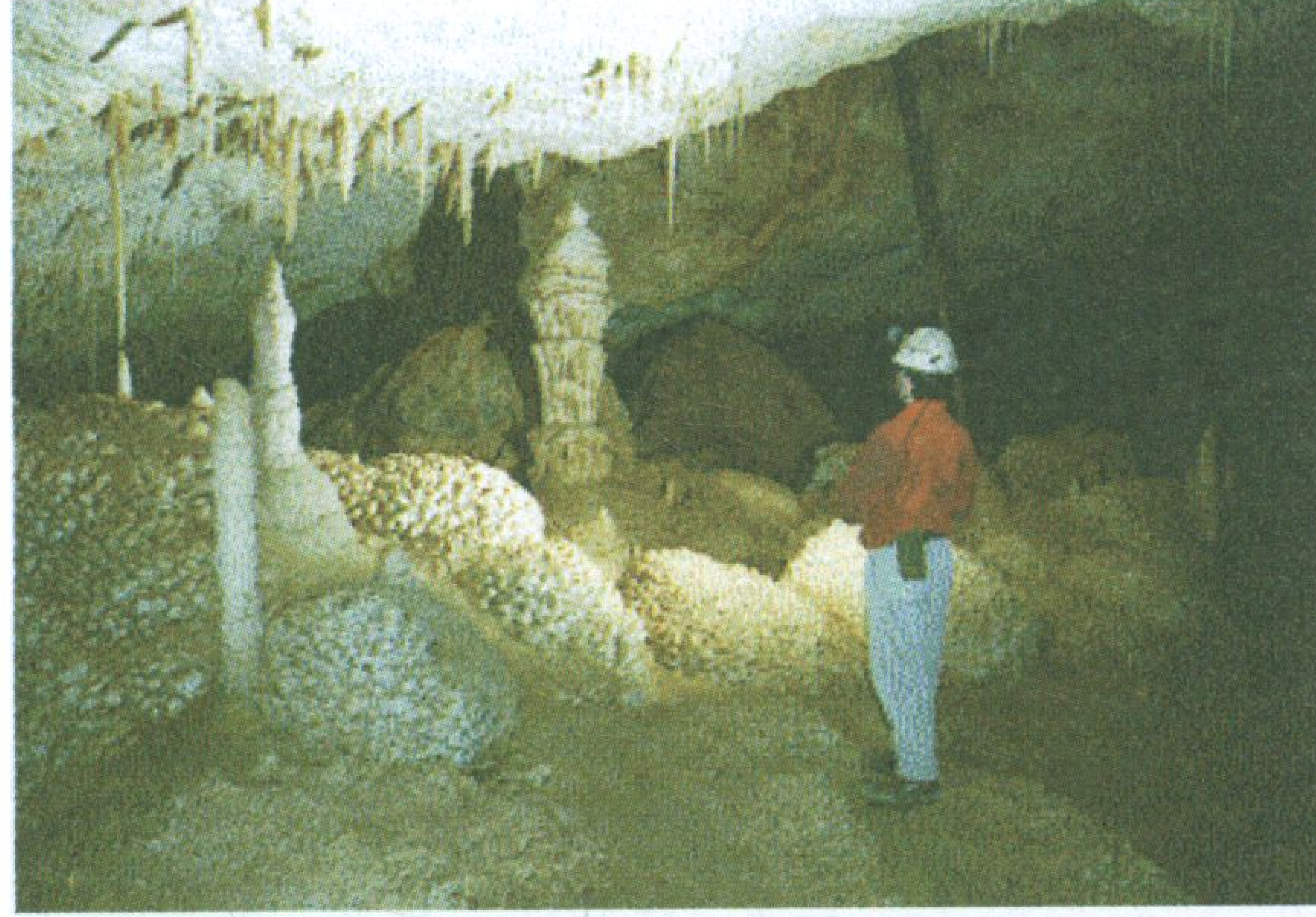
(٢) الحجر الجيري البطروخي (oolitic limestone)

حيث يترسب الكالسيت على شكل كرات صغيرة متخذة من حبات الرمل نواة لها، وتتماسك هذه الكرات الصغيرة بواسطة مادة لاحمة غالبا ما تكون جيرية. يتكون هذا الصخر في بعض المياه البحرية الشاطئية الضحلة، والحارة، المتأثرة بالأمواج الشديدة.

(٣) رواسب الهوابط (stalactites) والصواعد (stalagmites)

تتكون هذه الرواسب في المغارات والكهوف، وتتدلى من سقوفها أو ترتفع من أرضيتها، وهي تنشأ في مناطق الصخور الجيرية (شكل ٥-٣٦). يؤدي تخلل الماء للكسور والفواصل بهذه الصخور إلى إذابتها، حيث تتحول كربونات الكالسيوم إلى بيكربونات الكالسيوم، التي تذوب في الماء تاركة خلفها الفجوات

والكهوف. تحت ظروف معينة من درجة الحرارة، تتعرض بيكربونات الكالسيوم إلى فقدان ما تحتويه من غاز ثاني أكسيد الكربون، وتترسب مرة أخرى في صورة كربونات كالسيوم وعلى هيئة الصواعد والهوابط.



شكل ٥-٣٦. ترسيب الكربونات في صورة الصواعد والهوابط.

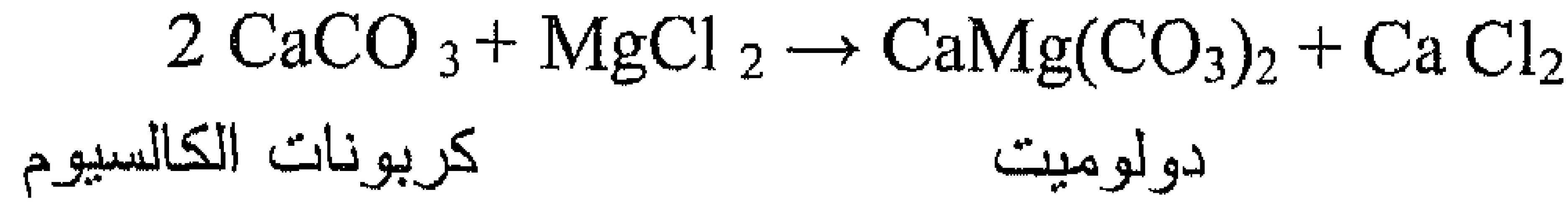
(٤) السنتر الجيري أو الترافرتين (calcareous sinter or travertine)

هي رواسب جيرية تتكون حول الينابيع الحارة، من مياهها المتصاعدة والمحملة ببيكربونات الكالسيوم، حيث تفقد ثاني أكسيد الكربون بمجرد تعرضها للجو، فتترسب كربونات الكالسيوم على هيئة مسحوق أبيض متماسك ناعم جدًا.

(٥) الدولوميت (dolomite)

يتكون هذا الصخر من معدن الدولوميت (كربونات مزدوجة من الكالسيوم والماغنسيوم)، وهو يترسب مباشرة من مياه البحر نتيجة للتبادل المزدوج لعنصري الماغنسيوم والكالسيوم. يشبه الحجر الجيري، إلا أنه أثقل منه قليلاً، وصلابته أعلى، ولا يتفاعل مع حامض الهيدروكلوريك HCl المخفف بسرعة، مثل الحجر الجيري، ويعتقد أن الدولوميت يتكون نتيجة لتفاعل المحاليل المحملة

بمركبات الماغنسيوم مع الحجر الجيري، حيث يحل الماغنسيوم محل الكالسيوم كما في المعادلة الآتية:



$$2\,CaCO_3 + MgCl_2 \rightarrow CaMg(CO_3)_2 + CaCl_2$$

(ب) صخور كيميائية سيليسية
(Siliceous Chemical Sedimentary Rocks)

١- الفلنت (flint)

صخر لونه غامق أو رمادي يتكون من خليط من السيليكات المتبلورة وغير المتبلورة، التي تترسب في صورة عقد (nodules) أو درنات (concretions). توجد على شكل طبقات رقيقة بين الصخور الرسوبية.

٢- الشيرت (chert) (حجر الصوان)

يشبه الفلنت، إلا أنه يحتوي على نسبة من الجير، وفي بعض الأحيان يكون لونه أحمر ويسمى حينئذ جاسبر (jasper) ويستمد لونه الفاقع من أكاسيد الحديد الذي يحتوي عليها.

ج- صخور كيميائية تبخيرية (Evaporitic Chemical Sedimentary Rocks)

تتكون هذه الصخور في البحيرات والبحار المقفولة نتيجة تبخر مياهها الذي يؤدي إلى تركيز الأملاح ثم ترسيبها. يبدأ الترسيب عادة بالأملاح الأقل ذوبانًا مثل الكربونات، ثم الكبريتات (جبس وأنهيدريت)، فالهاليت (الملح الصخري).

١- الجبس (gypsum) (كبريتات الكالسيوم المائية $CaSO_4.2H_2O$)

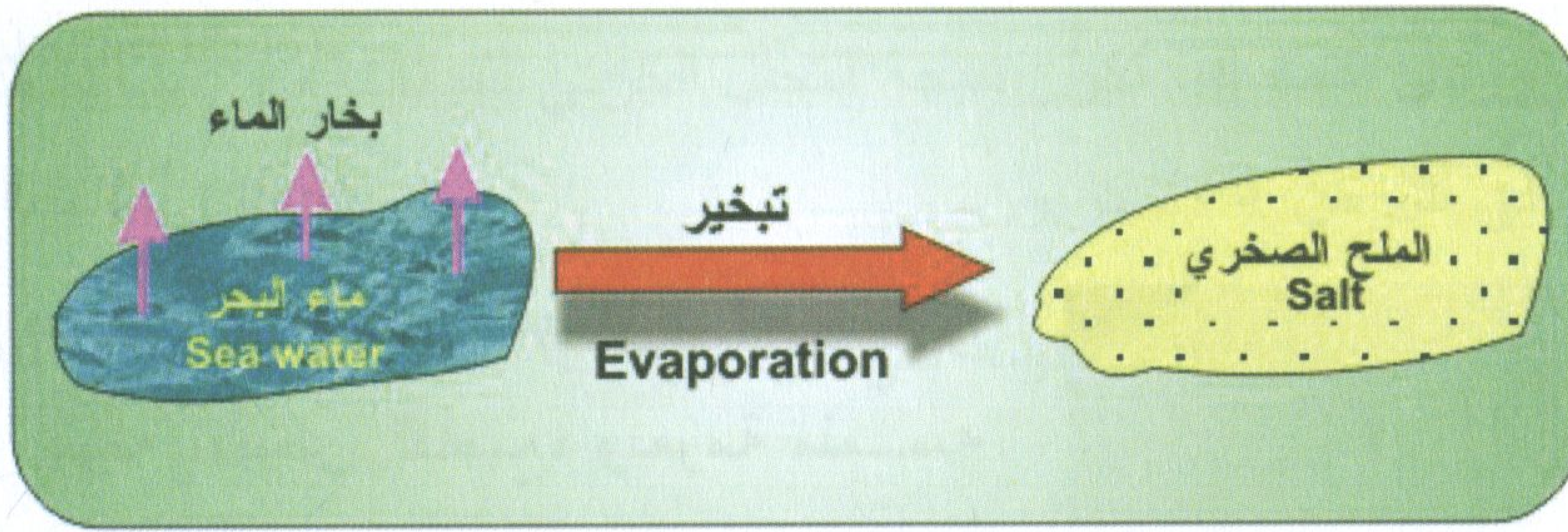
يبدأ الجبس في الترسيب عندما يتبخر حوالي ٣٧٪ من مياه البحيرات والبحار المغلقة، وتحت الظروف المناسبة يمكن أن تتكون طبقات سميكة من الجبس، الذي يوجد على هيئة حبيبات دقيقة، أو كتل ليفية.

٢- الأنهيدريت (anhydrite) (كبريتات كالسيوم $CaSO_4$)

يلي الأنهيدريت الجبس في الترسيب، وعادة ما يترسب على هيئة طبقات متبادلة معه. قد يتميّأ الأنهيدريت ويتحول إلى جبس.

٣- الملح الصخري (rock salt) (كلوريد صوديوم NaCl)

يتكون الملح الصخري بعد الجبس والأنهيدريت، نتيجة ترسيب كلوريد الصوديوم (معدن الهاليت)، من مياه البحيرات بسبب البخر الشديد (تبخر أكثر من ٩٠٪ من الماء) وقد يوجد مختلطًا بكلوريد البوتاسيوم (شكل ٥-٣٧).



شكل ٥-٣٧. ترسيب الملح الصخري عن طريق التبخير من مياه البحر

ثالثًا: الصخور الرسوبية عضوية النشأة
(Organically Formed Sedimentary Rocks)

تنشأ هذه الصخور نتيجة للنشاط المباشر، أو غير المباشر للكائنات الحية سواء من النباتات، أو الحيوانات، الذي يؤدي إلى تراكم بعض بقاياها الصلبة لتكوّن صخرًا.

(أ) صخور رسوبية حيوانية النشأة (Zoogenic Sedimentary Rocks)

١- الحجر الجيري العضوي (كوكينا coquina)

يتكون من تراكم وتحلل قشور وهياكل وأصداف الحيوانات البحرية بعد موتها، وهو يتكون أصلاً من البقايا الجيرية للحيوانات، متماسكة مع بعضها في كتل أو طبقات (شكل ٥-٣٨). الحجر الجيري العضوي من أكثر الصخور الرسوبية انتشارًا حيث يتكون في البحار الضحلة، والحارة، ويعتبر غنيًا بالحفريات، مثل الحجر الجيري المرجاني (coral limestone).



شكل ٥-٣٨. الحجر الجيري العضوي (كوكينا).

٢- الطباشير (chalk)

هو نوع من الحجر الجيري العضوي يتميز بلونه الأبيض الناصع، ونعومة ملمسه (شكل ٥-٣٩)، ويتكون من حبيبات دقيقة من قشور وهياكل الحيوانات الأولية، وحيدة الخلية المعروفة بالفورامينفرا (Foraminifera).



شكل ٥-٣٩. الطباشير.

٣- الفوسفات (phosphate)

يرجع أصل الفوسفات إلى معادن الفوسفات الموجودة في الصخور النارية وأهمها معدن الأباتيت (apatite) حيث تتحلل هذه المعادن أثناء عمليات التعرية والتجوية، وتتفتت وتنقل إلى البحر في شكل أملاح ذائبة، حيث تستخلصها الكائنات الحية لكي تبنى بها هياكلها. ثم تتراكم هياكل هذه الكائنات بعد موتها، وتتحلل لتعطي رواسب الفوسفات، التي تتكون من فوسفات الكالسيوم، وبعض الكربونات والعناصر الأخرى.

(ب) صخور رسوبية نباتية النشأة (Phytogenic Sedimentary Rocks)

ومن أمثلتها الفحم (coal)، حيث يتكون في المناطق القارية نتيجة للاختزال الذي يحدث للنباتات المتراكمة في المستنقعات، أو الغابات، التي تتعرض للتقدم البحري (marine transgression)، وللدفن السريع تحت الرسوبيات المختلفة التي تحميها من الأكسدة (أي الاحتراق)، التي تحدث عادة فوق سطح القشرة الأرضية. وتتم عملية التفحم في عدة مراحل، تزداد في كل منها نسبة الكربون تدريجيا كما يلي:

- بيت(peat)، ويعتبر من أردأ أنواع الفحم، ولونه بني مسود، ليفي المظهر، ورديئ التماسك. تكوّن نتيجة التحلل الجزئي للنباتات مع عمليات الدفن. يحتوي على أقل من ٥٥٪ كربون.

- ليجنيت (ligenite)، ولونه بني، وتتراوح به نسبة الكربون بين ٥٥ ٪ و ٧٥٪.

- بتيومين (bitumine)، الذي يحتوي على ٧٥٪ إلى ٩٠٪ كربون.

- أنثراسيت (anthracite)، وهو يحتوي على ٩٣٪ إلى ٩٨٪ كربون، وهو فحم حالك السواد، مكسره محاري، ويحترق بسهولة ويعتبر من أجود أنواع الفحم.

أسئلة وتدريبات

١- اكتب المصطلح (المفهوم) العلمي الذي تدل عليه كل من العبارات الآتية:

١) تأثير العوامل الجوية وخاصة الرطوبة والحرارة على الصخور مما يؤدي إلى تفتتها و تهشمها. ....

٢) إزالة نواتج التجوية من فوق سطح الأرض من منطقة معينة بواسطة عوامل النقل. ....

٣) انتقال الحطام الصخري والمواد الذائبة من مكان تفككه وتحلله إلى مكان آخر عن طريق تيارات هوائية أو مائية. ....

٤) تفتت الصخور دون تغير في التركيب الكيميائي أو التركيب المعدني. ....

٥) تحلل الصخر نتيجة لتغيرات كيميائية في معادنه وتغيرها إلى معادن أخرى. ....

٦) اتحاد الماء مع بعض المعادن مكوناً ما يسمي بالمعادن المائية. ....

٧) تفكك التركيب البلوري الأصلي للمعدن أثر تخلل أيونات الهيدروجين الصغيرة. ....

٨) ذوبان ثاني أكسيد الكربون المتوفر في الجو بسهولة في الماء مكوناً حامض الكربونيك. ....

٢- أكمل الآتي:

١- تنقسم العمليات الجيولوجية بشكال عام إلى: أ- عمليات..........، ب- عمليات.........

٢- هناك أربع أحداث رئيسة تتم على سطح الأرض أو بالقرب منه وتؤدي إلى محو التضاريس هي: أ-....................، ب-..................،

ج-....................، د-......................

٣- التجوية الفيزيائية

هي..

٤- التجوية الكيميائية

هي..

٥- هناك ستة عوامل تساعد على التجوية الفيزيائية أو الميكانيكية، ومنها:

أ-..

ب-..

ج-..

د-..

٦- أهم عوامل التجوية الكيميائية هي: أ-..................، ب-...................

ج-................، د-.................

٧- تحول معدن الأنهيدريت إلى معدن الجبس ناتج من عملية.......................

٨- تجمد الملاط (المونة) من فعل ثاني أكسيد الكربون في الهواء على الجير تسمى بعملية....................

٩- الوشاح الحطامي السطحي هو...

١٠- تدرج تراكمات الحطام الصخري السطحي رأسيا من أعلى إلى أسفل إلى:

أ-.............................. ب-..............................،

ج-.............................. د-..............................

١١- التقشر أو التحرشف هو..

١٢- التربة هي..

١٣- العوامل المتحكمة في تكوين التربة هي:

أ-.........................، ب-.........................

ج-.........................، د-.........................

١٤- هناك ثلاث عمليات أساسية لتكّون الصخور الرسوبية هم:

(أ)

(ب)

(ج)

١٥- تقسم الرواسب على أساس مكان الترسيب إلى:

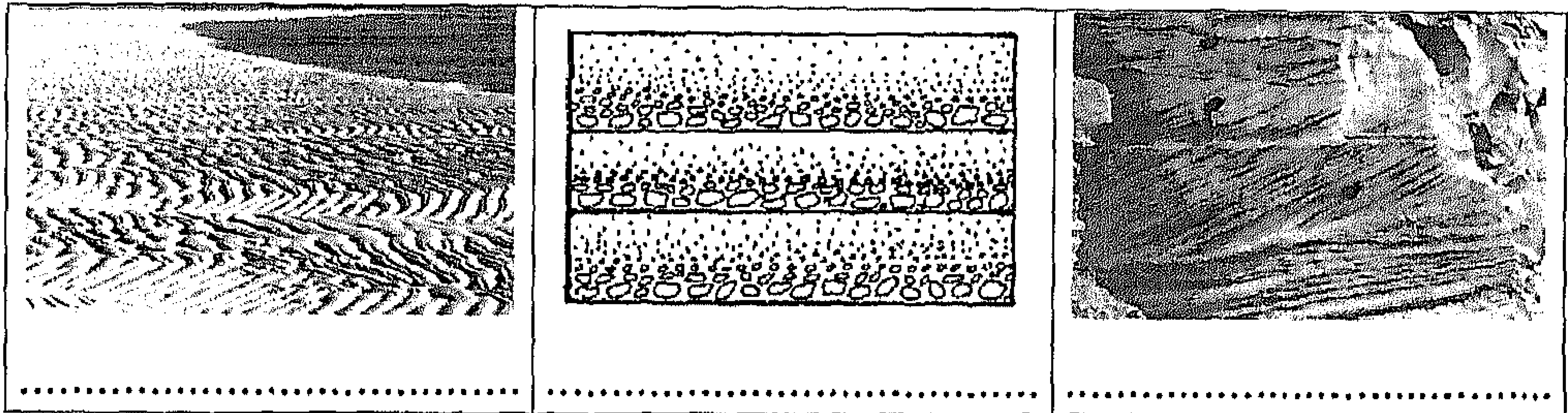
(أ) (ب) (ج)

(د) (هـ)

١٦- تشتمل عملية التصخر (lithification) على عدة عمليات، هم:

(أ) (ب) (ج)

١٧- اكتب اسم البنية الرسوبية أسفل كل صورة:



١٨- يمكن تقسيم الصخور الرسوبية حسب طريقة تكوينها ونشأتها إلى ثلاثة أقسام رئيسة، هم:

(أ)

(ب)

(ج)

١٩- اكتب اسم الصخر الرسوبي أعلى كل صورة:

....





٢٠- تنقسم الصخور الرسوبية الكيميائية حسب تركيبها الكيميائي إلى ثلاثة أنواع:

(أ)

(ب)

(ج)

٢١- من أمثلة الصخور الكيميائية السيلسية (siliceous rocks):

(أ) (ب)

٢٢- من أمثلة الصخور الكيميائية التبخرية

(أ) (ب) (ج)

٢٣- من أمثلة الصخور الرسوبية الحيوانية النشأه:

(أ) (ب) (ج)

٣- اذكر باختصار ما المقصود بكل من:

- التجوية (weathering):
- التعرية (erosion):
- الوشاح الحطامي السطحي (surficial mantle regolith):
- التقشر أو التحرشف (exfoliation):
- التجوية الكروية:(spheroidal weathering)

- ➢ تربة البيدالفير(pedalfer) :
- ➢ تربة البيدوكال (pedocal):
- ➢ تربة اللاتريت (laterite):
- ➢ نربة البوكسيت (bauxite):
- ➢ الكنجلوميرات (conglomerate):
- ➢ البريشيا (breccia):
- ➢ الأركوز(arkose):
- ➢ الجرايواك(greywacke) :
- ➢ الغرين (silt):
- ➢ المارل (marl):
- ➢ الحجر الجيري البطروخي (oolitic limestone):
- ➢ رواسب الهوابط (stalactites):
- ➢ الصواعد (stalagmites):
- ➢ الترافرتين (travertine):
- ➢ الفلنت (الزلط flint):
- ➢ الشيرت (chert) (حجر الصوان):
- ➢ الطباشير (chalk):
- ➢ الفوسفات (phosphate):
- ➢ البيت (peat):
- ➢ البتيومين (bitumen):
- ➢ فحم الأنثراسيت (anthracite):

٤- ضع بين القوسين علامة √ أو X أمام العبارات التالية (ثم صحح الخطأ إن وجد):

١. عملية ترسيب مواد لاحمة بواسطة المياه التي تتخلل الفراغات المتاحة بين الحبيبات الرسوبية تسمى باسم التراص. ( )

٢. علامات النيم المتماثلة تنشأ عادة عن حركة الأمواج السطحية جيئة وذهابا في المياه الضحلة. ( )

٣. البريشيا يتكون من قطع صخرية مستديرة مصقولة كبيرة الحبيبات. ( )

٤. الكنجلوميرات يتميز بأن حبيباته حادة الزوايا. ( )

٥. المارل هو صخر طيني يحتوي على نسبة عالية من الجير، ولذلك قد يطلق عليه اسم الطين الجيري. ( )

٦. الحجر الجيري غير العضوي يترسب من محاليل بيكربونات الكالسيوم نتيجة فقدانها لغاز ثاني أكسيد الكربون. ( )

٧. يتكون الحجر الجيري البطروخي من ترسيب حبات الرمل على شكل كرات صغيرة متخذة من الكالسيت نواة لها. ( )

٨. رواسب الهوابط والصواعد تترسب في صورة كربونات الصوديوم. ( )

٩. يسمى الشيرت باسم جاسبر r عندما يكون لونه أحمر. ( )

١٠. يتكون الفلنت (الزلط) من الكربونات في صورة عقد أو درنات. ( )

١١. يتكون الجبس من مياه البحيرات والبحار المغلقة عن طريق التسخين. ( )

١٢. يعتبر الفحم من الصخور العضوية الحيوانية النشأه. ( )

١٣. الحجر الجيري العضوي يتكون من البقايا الجيرية للحيوانات. ( )

١٤. يتكون الفوسفات من هياكل الكائنات الحية المائية بعد موتها. ( )

٥- اختر الإجابة الصحيحة من الاحتمالات الواردة أسفل كل عبارة فيما يلي:

١- العمليات الخارجية:

أ- هي التي تنتج من تأثير القوى الديناميكية في داخل الأرض.

ب- هي التي تؤدي إلى بناء الجبال وارتفاع التضاريس.

ج- هي التي تؤدي إلى تعرية الصخور وإزالة التضاريس ونقل الفتات الصخري إلى البحار لترسيبه.

٢- التجوية هي:

أ- عملية نقل الفتات الصخري.

ب- عملية ترسيب الفتات الصخري.

ج- تفتت وتهشم الصخور من تأثير العوامل الجوية، وخاصة الرطوبة والحرارة.

٣- التجوية الفيزيائية هي:

أ- تحلل الصخر نتيجة لتغيرات كيميائية في معادنه.

ب- تفاعل المياه مع الصخور المحيطة.

ج- تفتت الصخور دون تغير في التركيب الكيميائي أو التركيب المعدني.

٤- التفكك بالصقيع يكون أكثر تأثيرا في المناطق

أ- الجافة ب- الباردة أو الجبلية ج- الساخنة

٥- التحلل المائي أو التميؤ (hydrolysis):

أ- هو عملية اتحاد الماء مع بعض المعادن مكونا ما يسمي المعدن المائي.

ب- تفكك التركيب البلوري الأصلي للمعدن أثر تخلل أيونات الأيدروجين الصغيرة.

ج- ذوبان ثاني أكسيد الكربون المتوفر في الجو بسهولة في الماء مكونًا حامض الكربونيك.

٦- التموه (hydration):

أ- هو عملية اتحاد الماء مع بعض المعادن مكونا ما يسمي المعدن المائي.

ب- تفكك التركيب البلوري الأصلي للمعدن أثر تخلل أيونات الأيدروجين الصغيرة.

ج- ذوبان ثاني أكسيد الكربون المتوفر في الجو بسهولة في الماء مكونًا حامض

د- الكربونيك.

٧- التكربن:

أ- هو عملية اتحاد الماء مع بعض المعادن مكونا ما يسمي المعدن المائي.

ب- تفكك التركيب البلوري الأصلي للمعدن أثر تخلل أيونات الأيدروجين الصغيرة.

ج- ذوبان ثاني أكسيد الكربون المتوفر في الجو بسهولة في الماء مكونًا حامض الكربونيك.

٨- يتكون الكاولنيت من الفلسبار البوتاسي نتيجة:

أ- التحلل المائي أو التميؤ ب- التموه ج- التكربن د- تميؤ، تموه، وتكربن

٩- يبدي الحجر الجيري مقاومة........................ من الجرانيت

أ- أكثر ب- أقل ج- تساوي

١٠- أكثر المعادن ثباتا بالنسبة للتجوية الكيميائية هو

أ- الكوارتز ب- الأوليفين ج- المسكوفيت

١١- أقل المعادن ثباتًا بالنسبة للتجوية الكيميائية هو

أ- الكوارتز ب- الأوليفين ج- البيوتيت

١٢- الرسوبيات السطحية المتبقية تنتج من:

أ- حطام صخري منقول بواسطة عوامل النقل ومترسب في منطقة معينة بعيدة عن صخور المصدر.

ب- تجوية الصخور الموجودة مباشرة تحت الوشاح الصخري الحطامي.

ج- عوامل التجوية الكيميائية.

١٣- الطبقة العليا من قطاع التربة (نطاق أ) تتسم بـــ:

أ- تركيز الأملاح والحبيبات الطينية المستنزفة، وتزيد بها الكائنات الحية والمواد العضوية.

ب- استنزاف وغسل دائم للمواد الذائبة والحبيبات الدقيقة عن طريق المياه المتخللة.

ج- قلة المواد العضوية ويتكون من باقي الوشاح الصخري الحطامي غير المتأثر بعمليات تكوين التربة.

١٤- نطاق (ب) من قطاع التربة يتسم بـــ:

أ- تركيز الأملاح والحبيبات الطينية المستنزفة، وتزيد بها الكائنات الحية والمواد العضوية.

ب- استنزاف وغسل دائم للمواد الذائبة والحبيبات الدقيقة عن طريق المياه المتخللة.

ج- قلة المواد العضوية و يتكون من باقي الوشاح الصخري الحطامي غير المتأثر بعمليات تكوين التربة.

١٥- نطاق (ج) من قطاع التربة يتسم بـــ:

أ- تركيز الأملاح والحبيبات الطينية المستنزفة، وتزيد بها الكائنات الحية والمواد العضوية.

ب- استنزاف وغسل دائم للمواد الذائبة والحبيبات الدقيقة عن طريق المياه المتخللة.

ج- قلة المواد العضوية و يتكون من باقي الوشاح الصخري الحطامي غير المتأثر بعمليات تكوين التربة.

١٦- تربة البيدالفير(pedalfer) تتميز بـــ:

أ- غناها بأكاسيد الحديد و المعادن الطينية

ب- غناها بالكالسيوم

ج- غناها بأكاسيد الحديد والألومنيوم

١٧- تربة البيدوكال (pedocal) تتميز بـــ:

أ- غناها بأكاسيد الحديد و المعادن الطينية

ب- غناها بالكالسيوم

ج- غناها بأكاسيد الحديد والألومنيوم

١٨- الرواسب الشاطئية هي:

(أ) رواسب تمتد حتي عمق ٢٠٠٠ إلى ٢٧٠٠م وأغلب رواسبها مواد طينية دقيقة ومواد جيرية وسيليسية من بقايا حيوانات وحيدة الخلية تعيش هناك.

(ب) رواسب تمتد حتي عمق ٢٠٠ م ورواسبها تقل في الحجم مع ازدياد العمق.

(ج) رواسب واقعة تحت تأثير الأمواج والمد والجزر وتتكون من الحصي والجلاميد والرمال الخشنة.

(د) رواسب تشمل الأعماق أكثر من ٢٧٠٠م ورواسب هذه المنطقة غاية في الدقة وتتكون من بقايا حيوانات مجهرية إلى جانب الرماد البركاني.

١٩- رواسب منطقة حافة الأعماق هي

(أ) رواسب تمتد حتي عمق ٢٠٠٠ إلى ٢٧٠٠م وأغلب رواسبها مواد طينية دقيقة ومواد جيرية وسيليسية من بقايا حيوانات وحيدة الخلية تعيش هناك.

(ب) رواسب تمتد حتي عمق ٢٠٠ م ورواسها تقل في الحجم مع ازدياد العمق.

(ج) رواسب واقعة تحت تأثير الأمواج والمد والجزر وتتكون من الحصي والجلاميد والرمال الخشنة.

(د) رواسب تشمل الأعماق أكثر من ٢٧٠٠م ورواسب هذه المنطقة غاية في الدقة وتتكون من بقايا حيوانات مجهرية إلى جانب الرماد البركاني.

٢٠- رواسب منطقة الأعماق هي

(أ) رواسب تمتد حتى عمق ٢٠٠٠ إلى ٢٧٠٠م وأغلب رواسبها مواد طينية دقيقة ومواد جيرية وسيليسية من بقايا حيوانات وحيدة الخلية تعيش هناك.

(ب) رواسب تمند حتي عمق ٢٠٠ م ورواسها تقل في الحجم مع ازدياد العمق.

(ج) رواسب واقعة تحت تأثير الأمواج والمد والجزر وتتكون من الحصى والجلاميد والرمال الخشنة.

(د) رواسب تشمل الأعماق أكثر من ٢٧٠٠م ورواسب هذه المنطقة غاية في الدقة وتتكون من بقايا حيوانات مجهرية إلى جانب الرماد البركاني.

٢١- حروف علامات النيم تكون

(أ) موازية لاتجاه الحركة

(ب) متعامدة مع اتجاه الحركة

(ج) مائلة بزاوية قدرها ٤٥° مع اتجاه الحركة

٢٢- تشقق الوحل (Mud cracks) يدل على

(أ) تشبع الصخر الطيني بالماء (ب) جفاف الصخر الطيني

(ج) تعرض الصخر الطيني للتصدع

٢٣- من أمثلة الصخور الفتاتية صغيرة الحبيبات

(أ) الطين (ب) الجرايواك (ج) البريشيا

٢٤- من أمثلة الصخور الفتاتية كبيرة الحبيبات

(أ) الطين (ب) الجرايواك (ج) البريشيا

٢٥- من أمثلة الصخور الفتاتية متوسطة الحبيبات

(أ) الطين (ب) الجرايواك (ج) البريشيا

٢٦- الجرايواك هو:

(أ) حجر رملي غني بأكاسيد الحديد

(ب) حجر رملي فاتح اللون يتكون أساسا من معدن الكوارتز والفلسبارات

(ج) حجر رملي داكن اللون يكثر به المعادن الحديدوماغنيسية (Mafic) مثل الأمفيبول والبيروكسين

٢٧- الأركوز هو:

(أ) حجر رملي غني بأكاسيد الحديد

(ب) حجر رملي فاتح اللون يتكون أساسا من معدن الكوارتز والفلسبارات

(ج) حجر رملي داكن اللون يكثر به المعادن الحديدوماغنيسية (Mafic) مثل الأمفيبول والبيروكسين

٢٨- الحجر الرملي الحديدي هو:

(أ) حجر رملي غني بأكاسيد الحديد

(ب) حجر رملي فاتح اللون يتكون أساسا من معدن الكوارتز والفلسبارات

(ج) حجر رملي داكن اللون يكثر به المعادن الحديدوماغنيسية مثل الأمفيبول

٢٩- يعد حجم الغرين .... حجم الطين.

(أ) أصغر من (ب) أكبر من (ج) يساوي

(أ) .... (ب) .... (ج) ....

٣٠- رواسب الهوابط (stalactites)

(أ) ترتفع من أرضية المغارات والكهوف

(ب) تتدلي من سقوف المغارات والكهوف

(ج) تتعلق بالجدران الجانبية للمغارات والكهوف

٣١- رواسب الصواعد (stalagmites)

(أ) ترتفع من أرضية المغارات والكهوف

(ب) تتدلي من سقوف المغارات والكهوف

(ج) (ج) تتعلق بالجدران الجانبية للمغارات والكهوف

٣٢- رواسب الترافرتين (travertine) تتكون من مياه

(أ) الأنهار (ب) الينابيع الحارة (ج) البحار

٣٣- التركيب الكيميائي للدولميت هو:

(أ) $CaMg(CO_3)_2$ (ب) $CaCO_3$ (ج) $NaCO_3$

٣٤- أيهما يترسب أولاً؟

(أ) الملح الصخري (ب) الجبس (ج) الأنهيدريت

٣٥- أيهما يترسب آخرًا؟

(أ) الملح الصخري (ب) الجبس (ج) الأنهيدريت

٣٦- ما أردأ أنواع الفحم؟

(أ) الأنثراثيت (ب) البتيومين (ج) البيت

٣٧- ما أجود أنواع الفحم؟

(أ) الأنثراثيت (ب) البتيومين (ج) البيت

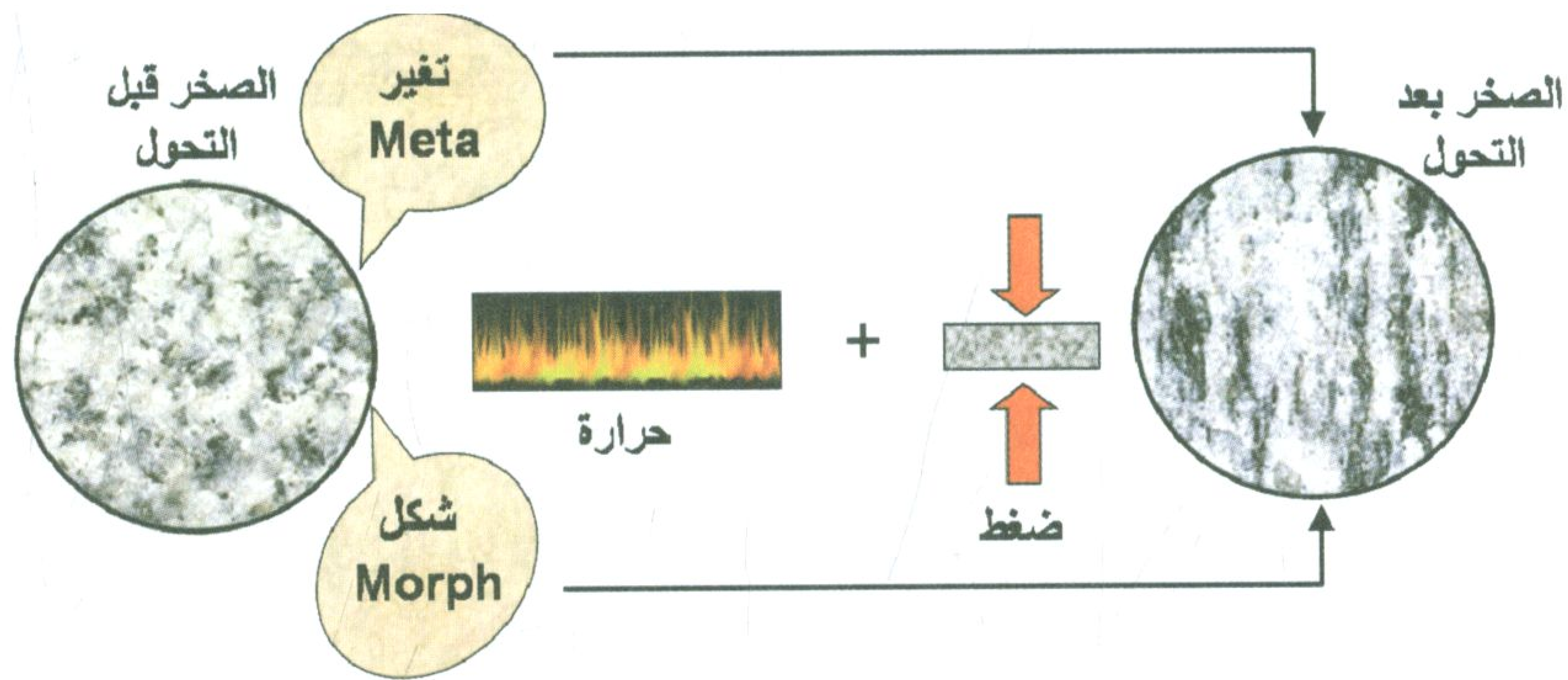
الباب السادس

الصخور المتحولة (Metamorphic Rocks)

- مقدمة
- عوامل التحول الرئيسة
- أنواع التحول الصخري
- أنسجة الصخور المتحولة
- تصنيف الصخور المتحولة

مقدمة (Introduction)

تتكون كلمة التحول من شقين، الشق الأول وهو (meta) وتعنى باللغة اللاتينية تغير، والشق الآخر (morph) وتعني شكل (شكل ٦-١). ويمكن تعريف التحول بشكل عام، على أنه مجموعة من العمليات الجيولوجية التي أدت إلى تحول صخور سابقة التكوين، أو معادنها، من حالتها الأصلية إلى حالتها الحاضرة. تتمثل هذه العمليات الجيولوجية في التفاعلات التي تحدث في الصخور، وهي في حالتها الصلبة، وأخرى في وجود بعض المحاليل الكيميائية، مما يؤدي إلى إحداث تغير في التركيب المعدني للصخر الأصلي. في بعض الحالات يكون التغيير طفيفاً وينحصر في إعادة تبلور المعادن وتراصها دون تكون معادن جديدة، وفي حالات أخرى يكون التغيير أكثر حدة، وأكثر شمولية لدرجة يستحيل معها التعرف على الصخر الأصلي.



شكل ٦-١. مخطط يوضح معنى كلمة التحول.

لقد تعرفنا في الأبواب السابقة على نوعين من الصخور، وهما الصخور الرسوبية، والصخور النارية. تختلف الصخور المتحولة عن هذه الصخور من حيث المحتوى المعدني، والنسيج، ويمكن اعتبارها صخورًا انتقالية التكوين، تدل دلالة واضحة بأن الصخور الرسوبية والنارية خضعت إلى ظروفٍ فيزيائية وكيميائية، تختلف عن تلك الظروف التي تكونت عندها.

متى يحدث التحول؟

يحدث التحول عادة في واحدة من ثلاثة حالات:

١- أثناء عمليات بناء الجبال (orogeny)، حيث تتعرض الصخور لضغط وحرارة شديدين، مما يؤدي إلى تكون مناطق شاسعة من الصخور المتحولة، والتي يقال بأنها تعرضت إلى تحول إقليمي.

٢- عندما تكون الصخور ملاصقة أو مجاورة لكتلة من الصهير ذات درجة حرارة عالية، مما يؤدي إلى تغييرات في هذه الصخور، ناتجة من جراء درجات الحرارة العالية، ويعرف هذا التحول بـــ "التحول التلامسي".

٣- التحول على امتداد الصدوع (أقل حالات التحول شيوعًا)، وفي هذه الحالة يتم تهشم الصخور، وسحقها، بفعل تطاحن الكتل الصخرية عند انزلاقها قبالة بعضها البعض، مما يولد حرارة وضغط يعملان على تحول الصخور المجاورة للصدع.

عوامل التحول الرئيسة

(Main Factors of Metamorphism)

تشمل عوامل التحول الضغط، والحرارة، والسوائل الناشطة كيميائيًا:

الحرارة (Temperature)

تعد الحرارة أهم عوامل التحول. وتتراوح درجة الحرارة بين ٢٥٠ إلى ٩٥٠ درجة مئوية (مياشيرو ١٩٧٣م). تؤدي الحرارة إلى تسخين الصخر أو زيادة حرارته ومصدرها كالآتي:

(أ) الدفن، حيث تزداد الحرارة مع زيادة العمق، مثال على ذلك، في مناطق التجبل، حيث يزداد سمك القشرة الأرضية، مما يؤدي إلى دفن بعض الصخور، وزيادة حرارتها. ومن المعلوم أن متوسط معدل التدرج الحراري بالقشرة الأرضية، هو ٣٠ درجة مئوية/كم، أى أن درجة الحرارة بالقشرة الأرضية على عمق ١٠ كم ستكون حوالي ٣٠٠ درجة مئوية.

(ب) المحقونات النارية، والتي تقتحم الصخور المجاورة، مما يؤدي إلى تحولها بشكل محدود بمنطقة التداخل.

(ج) النشاط الإشعاعي لبعض العناصر في باطن الأرض.

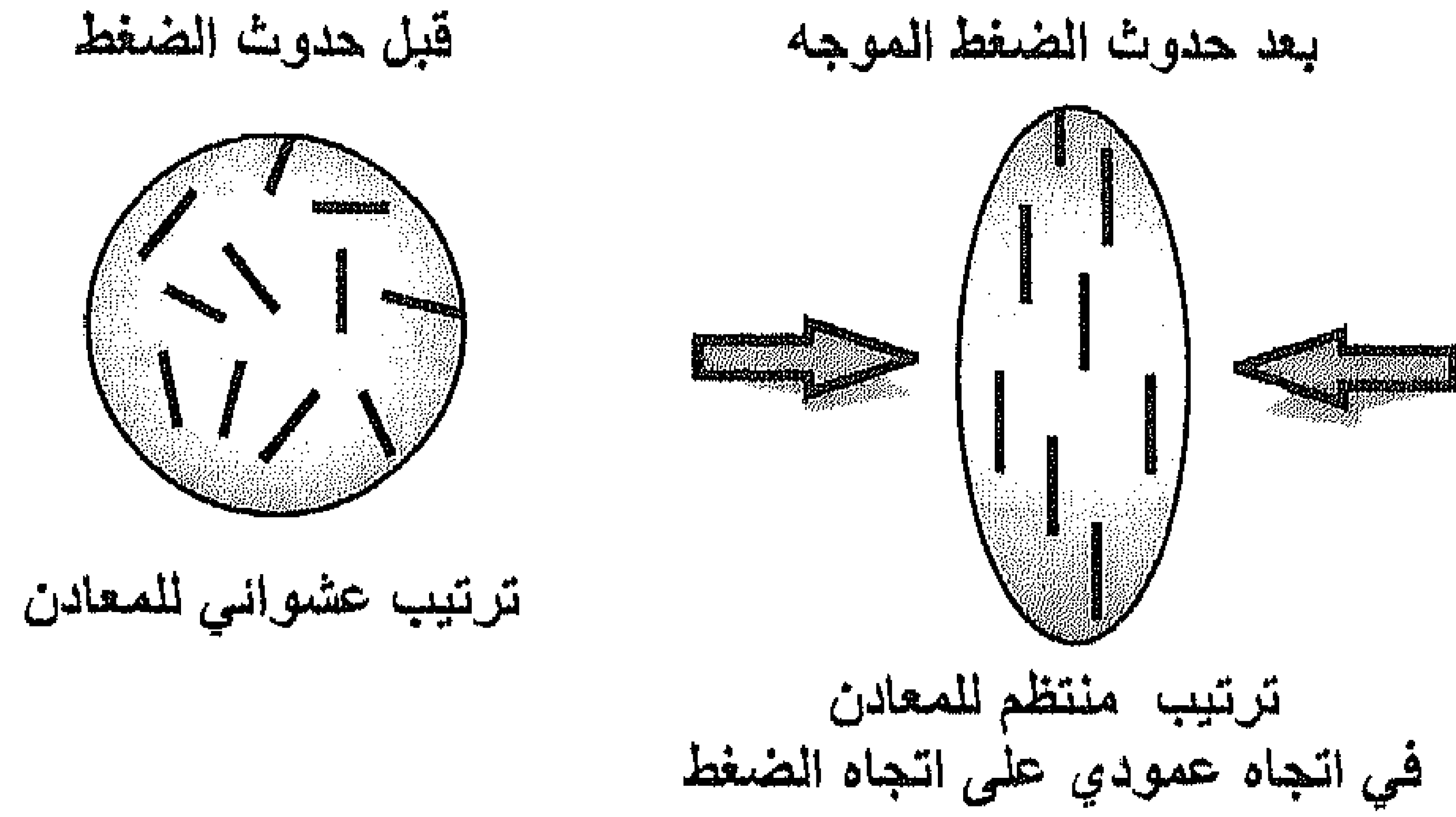
الضغط (Pressure)

ينتج الضغط عن دفن الصخور تحت وزن صخور الغطاء، أو بسبب الحركات البنائية، مثل حركة التجبل، وهناك نوعان من الضغط:

(أ) ضغط موجّه، أو ضغط الإجهاد (directed pressure or stress pressure): هو الضغط الذي يعمل في اتجاه واحد دون الاتجاهات الأخرى (شكل ٦-٢). وينشأ من تراكمات الصخور فوق بعضها البعض في الأجزاء العليا من القشرة الأرضية.

(ب) الضغط المحيط، أو الضغط الهيدروستاتيكي (confined pressure or hydrostatic pressure): هو الضغط الذي يكون متساويًا في جميع الاتجاهات.

وهو المؤثر على الجزء السفلي من القشرة حيث تصبح الصخور لدنة، وبذلك يكون الضغط المؤثر عليها من نوع الضغط المحيط.



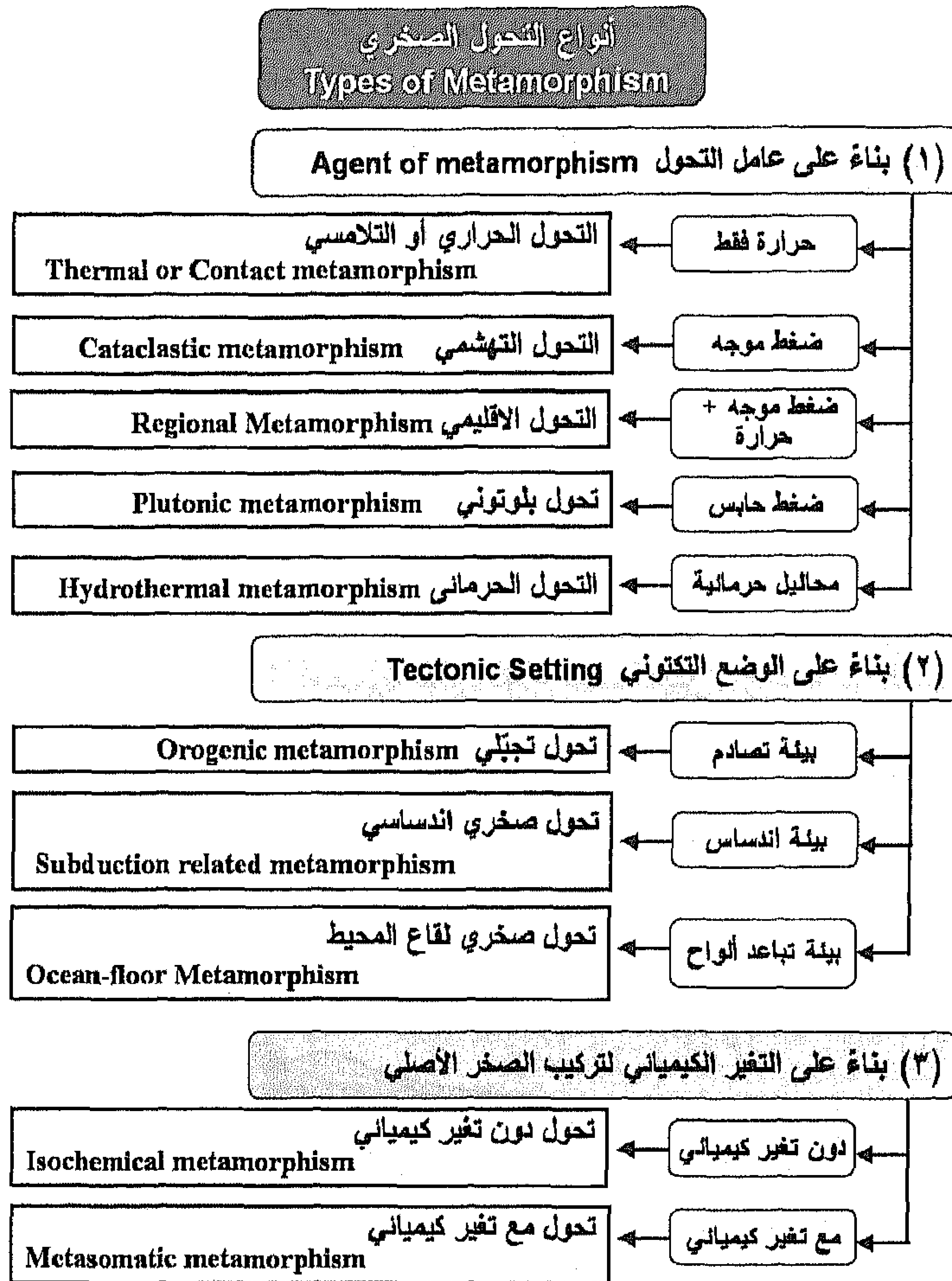
شكل ٦-٢. ضغط موجه أو ضغط الإجهاد.

السوائل النشطة كيميائيًا (Chemically Active Fluids)

تلعب السوائل والأبخرة والغازات دورًا مهمًا، وخصوصًا في إعادة تبلور المعادن. تحتوي معظم الصهارات على كميات متفاوتة من الغازات والسوائل، وعند تبلور الصهير، تهرب هذه الغازات والسوائل المتبقية مخترقة الصخور المحيطة، ومتفاعلة مع معادنها. يؤدي ذلك إلى إضافة عناصر جديدة إلى المعادن السابقة، ومن ثم تنشأ معادن أخرى جديدة.

أنواع التحول الصخري (Types of Metamorphism)

يوضح الشكل (٦-٣) تصنيف أنواع التحول بناءً على عامل التحول الذي يساهم في تكوين الصخر، والوضع التكتوني، والتغير الكيميائي لمعادن الصخر الأصلي. سنستعرض فيما يلي وصف أهم هذه الأنواع:

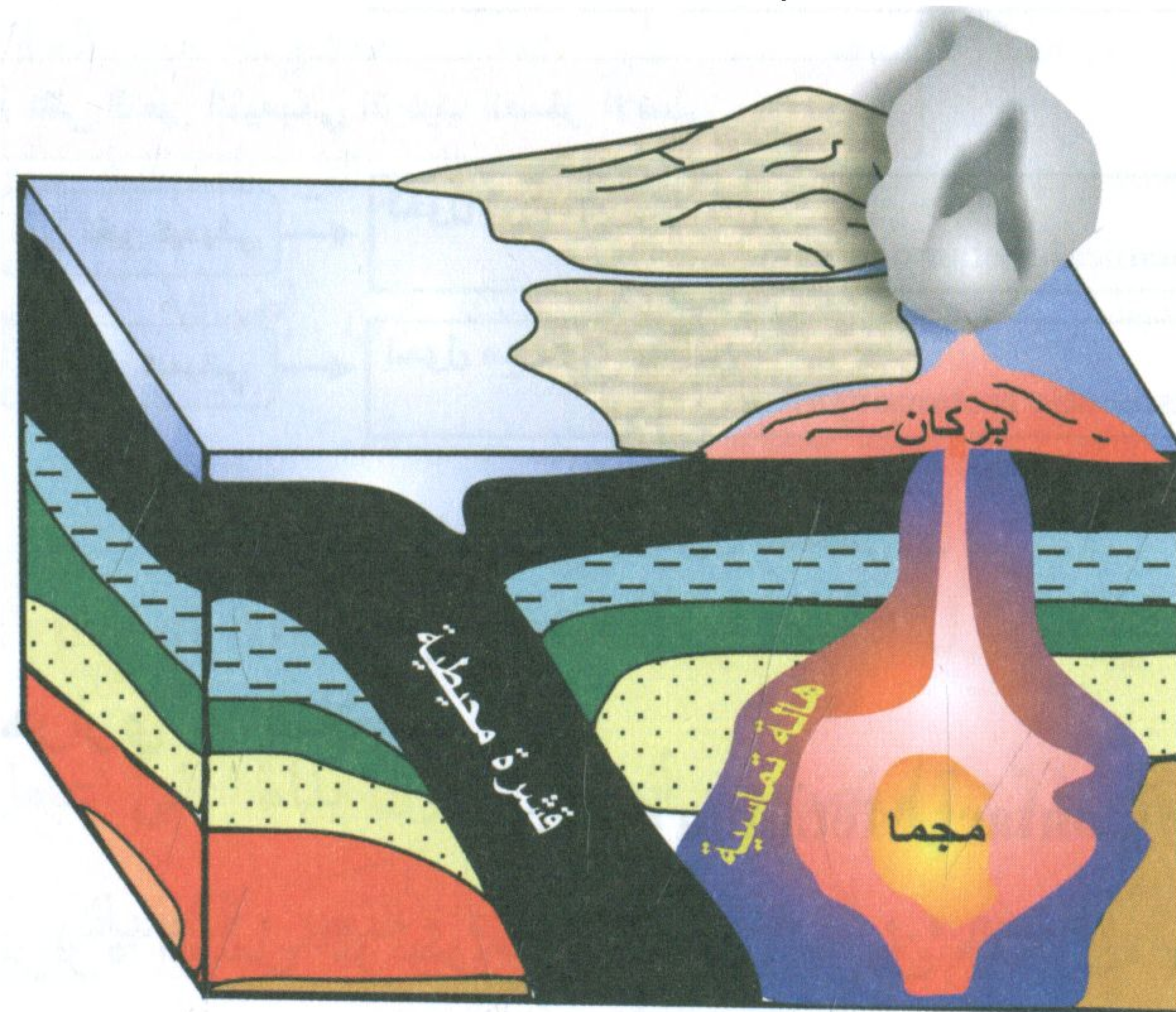


شكل ٦-٣. أنواع التحول الصخري.

(١) التحول الحراري أو التلامسي
(Thermal or Contact Metamorphism)

- تعد الحرارة العامل الرئيس في هذا النوع من التحول، ويكون للضغط تأثير ثانوي (يكون منخفضًا نوعًا ما).

- ينتج عن تداخل ناري في صخور باردة. هذه الصخور قد تكون رسوبية أو نارية أو متحولة.
- تعمل المتداخلات النارية (igneous intrusions) على تزويد الصخور المجاورة للمتداخل الناري بالحرارة والمحاليل الساخنة.
- قد يتم التلامس نتيجة لاختراق الغازات الهاربة، والمحاليل الحارة للصخور المحيطة، والتفاعل مع مكوناتها المعدنية، وذلك نتيجة للانتقال الأيوني الذي يتم بين عناصر معادن هذه الصخور، وعناصر السوائل الهاربة من الجسم الناري إلى الصخور المجاورة له.
- تعتمد درجة حرارة التحول على نوع الصهير، وعمقه في باطن الأرض، وتعتبر الجرانيتات الغنية بالماء، هي الأجسام البلوتونية الأكثر شيوعًا، والتي تؤدي إلى تكوّن ما يسمى بالهالات التماسية (contact aureoles) (شكل ٦-٤).



شكل ٦-٤. الهالات التماسية (contact aureoles).

- يختلف عرض هالات الصخور المتحولة التماسية عادة في حدود عــدة أمتار، حتى كيلومترات قليلة.

- من أمثلة التحول التماسي: تحول الحجر الرملي إلى كوارتزيت، وتحول الحجر الجيري إلى رخام، وتكوّن صخور السكارن(skarn) عندما تتداخل الحمم في صخور غنية بالكربونات.

(٢) التحول الإقليمي (Regional Metamorphism)

- في هذا النوع من التحول يكون لعنصري الحرارة والضغط دورًا كبيرًا. يعد أكثر أنواع التحول انتشارًا وتنوعًا؛ إذ إن الصخور المتحولة الناتجــة مــن التحول الإقليمي تشكل مساحات شاسعة من الدرع العربـــي النــوبي (Arabian Nubian Shield).

- حيث إن صخور التحول الإقليمي هي من نتاج الضغط الموجه، فإنهــا عادة ما تكون متورقة (foliated). كما يصاحب التحول الإقليمي تشوه للصخور، مثل عمليات الطي (folding)، التي تدل على أن الصخر كان في حالة لدنة أثناء عملية التحول الإقليمي.

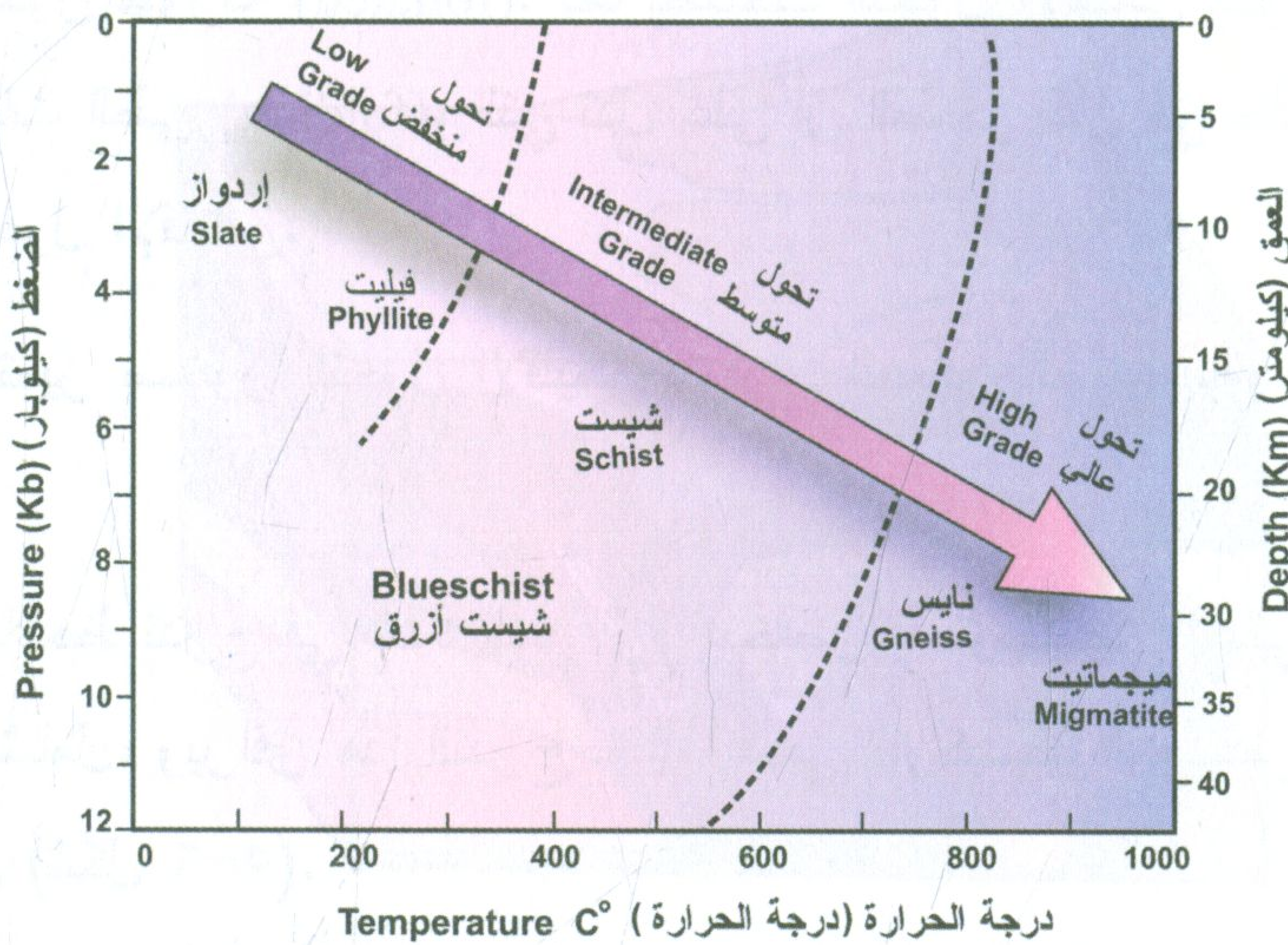
- تتميز صخور التحول الإقليمى بتوازي المعادن الصفائحية، وبــالأخص الميكا.

- يلاحظ تدرج في شدة التحول (منخفض– متوســط – عالي) بمنطقــة التحول الشامل، ويرافق هذا التدرج تغييرًا فــي التركيــب المعــدني والنــسيج الصخري (شكل ٦–٥).

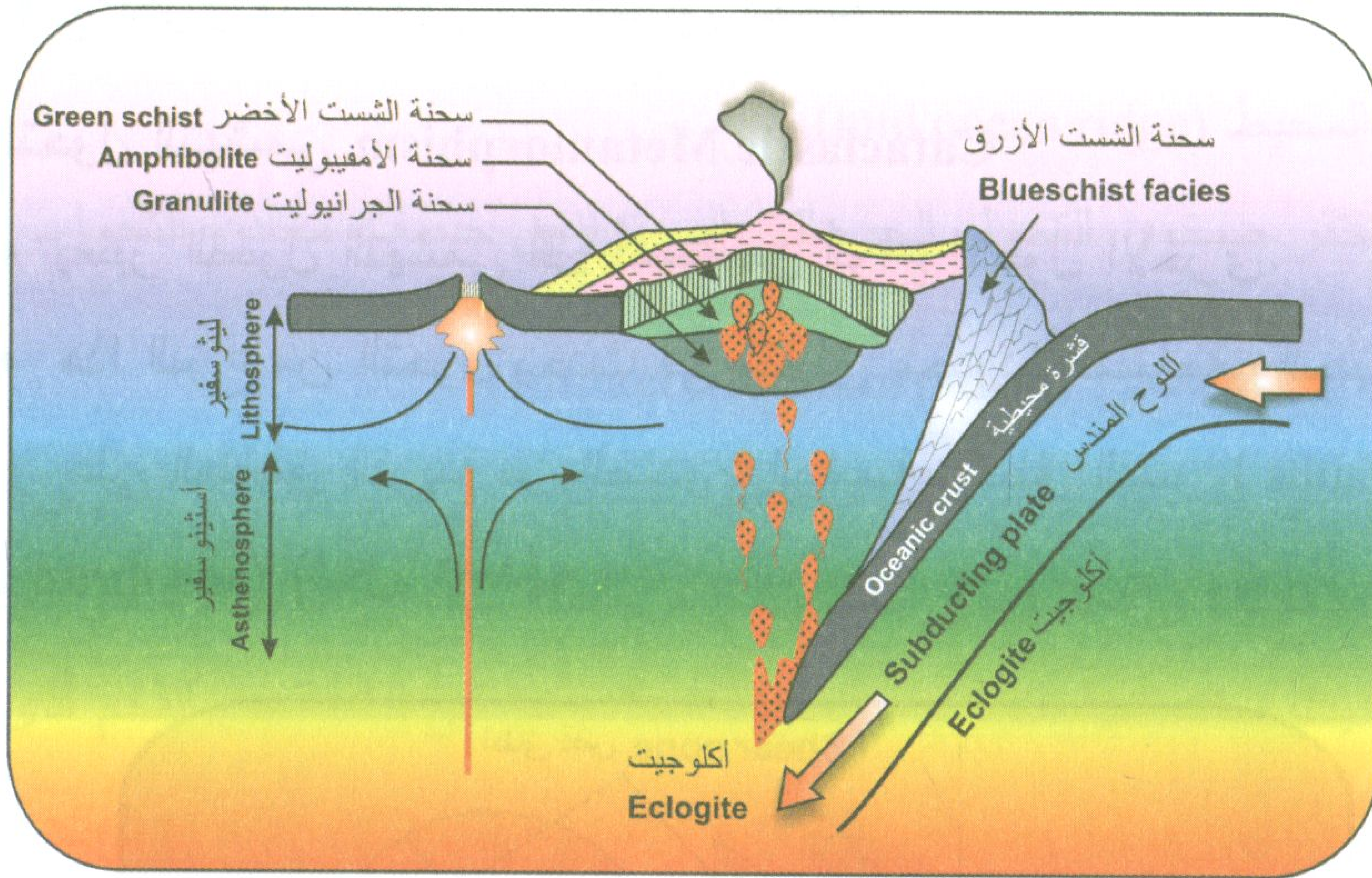
• يصاحب هذا النوع من التحول، الحركات التكتونية المتقاربة (عمليات الاندساس والتصادم) والحركات التكتونية المتباعدة (انفراج قاع المحيط) ويشمل:

- التحول الدفني (burial metamorphism)
- التحول الحراري الحركي (dynamothermal metamorphism)
- التحول المصاحب للاندساس (subduction related metamorphism) (شكل ٦-٦).
- التحول التجبّلي (orogenic Metamorphism) أو التحول الصخري التصادمي (collision related metamorphism) (شكل ٦-٧).

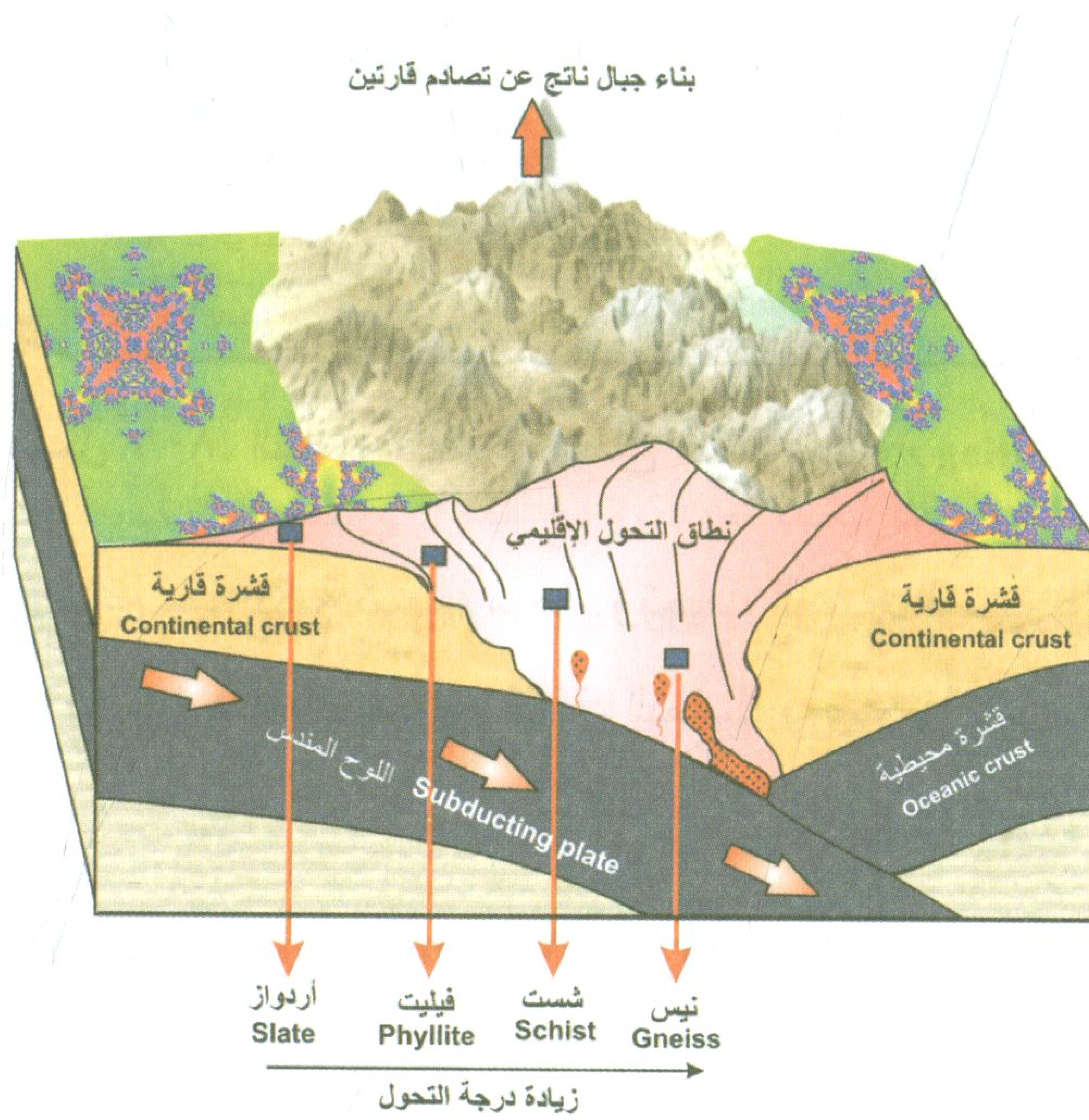
• من أمثلة هذا التحول صخور النيس (gneiss)، وصخور الشيست (schist).



شكل ٦-٥. التفاوت في درجات شدة التحول الإقليمي.



شكل ٦-٦. التحول المصاحب للاندساس.

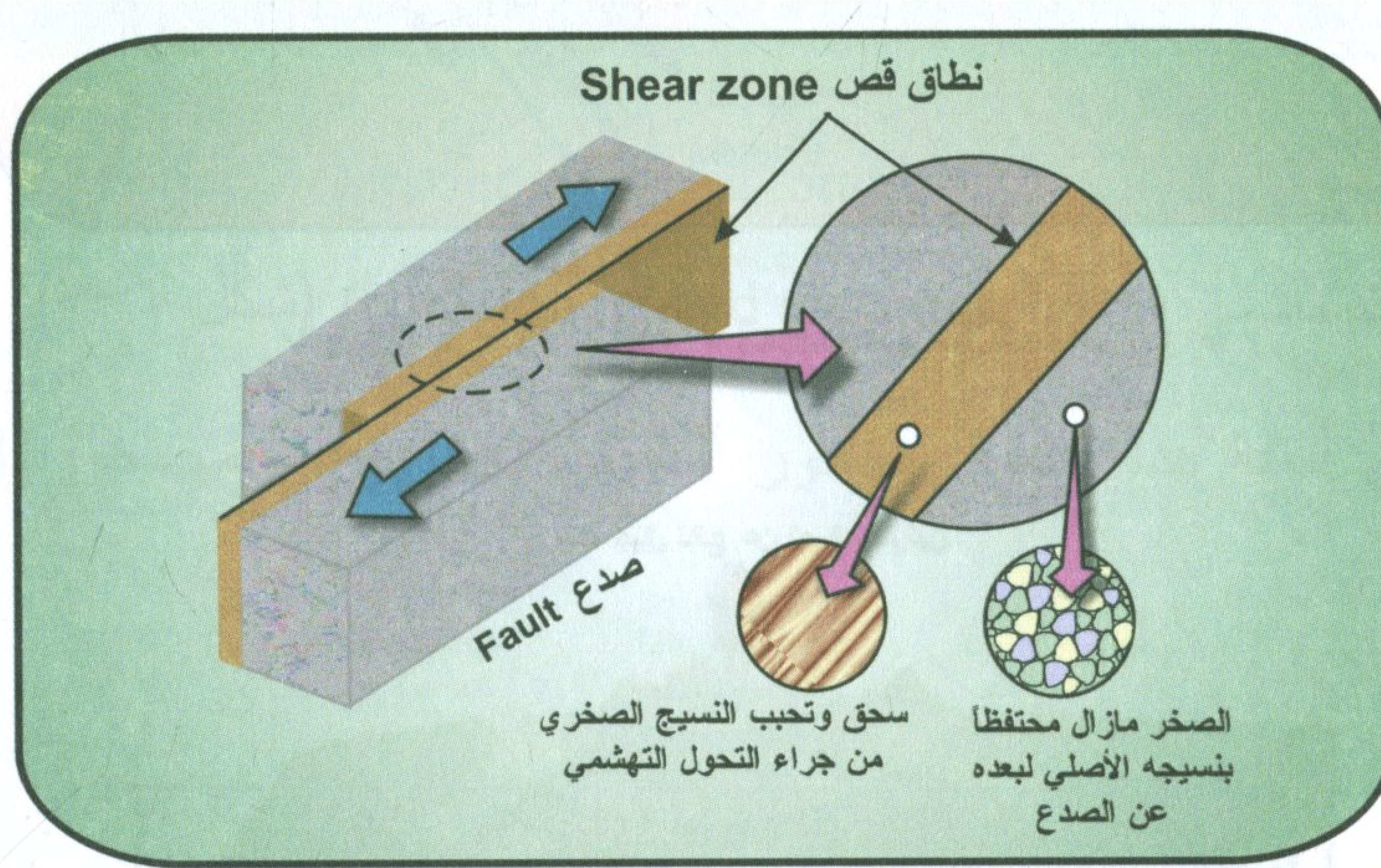


شكل ٦-٧. التحول المصاحب لتصادم الألواح (collision).

(٣) أنواع أخرى من التحول ذي النطاق المحدود

(أ) التحول التهشمي Cataclastic Metamorphism

- يعتبر التحول التهشمي أقل أهمية من أنواع التحول الأخرى.
- هذا النوع من التحول يحدث في مناطق محدودة المساحة والحجم، وهو مقصور على المناطق القريبة من الصدوع الرئيسة، ونطق الدسر (major faults and thrust zones) (شكل ٦-٨).



شكل ٦-٨. التحول التهشمي بنطاق التصدع (faulting zone).

- يتضمن قوى ميكانيكية تسبب سحق وتحبب النسيج الصخري على امتداد نطاق التصدع. تكون هذه الصخور قليلة التماسك، ومؤلفة من قطع مكسرة ومشوهة.

(ب) التحول الحرمائي (Hydrothermal Metamorphism)

- ينتج من تخلل المحاليل الحرمائية (hydrothermal solutions) الشقوق والكسور بالصخور المحيطة، مما يؤدي إلى حدوث تغيرات معدنية وكيميائية في بنية الصخر.

- تقع صخور التحول الحرمائي في النطاقات الحرمائية عند حيود منتصف المحيط (mid ocean ridge).
- تفتقر صخور التحول الحرمائي إلى توازي حبيبات معادن التحول.

(ج) التحول التصادمي (Impact Metamorphism)

ينتج عن تصادم نيزك (meteorite) بصخور أرضية سابقة التكوين، مما يؤدي إلى تحولها وإعادة تبلور معادنها. ومن أمثلة ذلك رواسب الألماس بجنوب أفريقيا، حيث يعتقد أنها تكونت من جراء تصادم نيزكي لطبقة من الفحم أدى إلى تحولها لألماس.

أنسجة الصخور المتحولة (Metamorphic Textures)

تعني كلمة نسيج شكل (shape)، وحجم (size)، وطريقة توجيه (orientation) المعادن المكونة للصخر. وبشكل عام، يمكن تصنيف الصخور المتحولة بناءً على النسيج إلى:

(١) صخور متحولة متورقة (Foliated Metamorphic Rocks)

والتي تنتج عن الترتيب، أو التوزيع الموازي للمعادن في اتجاهات عمودية على اتجاه الضغط الذي كان واقعا عليها (انظر شكل ٦-٢). تظهر المعادن على هيئة مسطحة أو مرتبة في صفوف (bands)، أو صفائح متوازية. ومن أمثلة الأنسجة المتورقة للصخور المتحولة:

الانفصام الاردوازي (Slaty Cleavage)

وهو ترتيب موازي للميكا دقيقة الحبيبات في اتجاه عمودي على اتجاه أقصى إجهاد.

الشستزة (Schistosity)

تشبه الانفصام الاردوازي الصفائحي(slaty cleavage)، إلا أن حبيباته تكون أكثر خشونة. تنتج من عملية ترتيب متوازي للمعادن الصفائحية، مثل المسكوفيت والبيوتيت.

النيسوزتي أو التطبق النيسي (Gneissosity or Gneissic Banding)

وهو تبادل بين الطبقات فاتحة اللون والداكنة اللون، مثل الطبقات الغنية بالميكا، أو الهورنبلند، مع طبقات غنية بمعادن الكوارتز والفلسبار. عند ظروف التحول العالية الرتبة، تبدأ المعادن في الانفصال إلى صفوف، بحيث تنفصل المعادن الميكائية عن الفلسبار والكوارتز.

التخطيط (Lineation)

وهو توازي للعناصر الخطية في الصخر، مثل صف لحبيبات معادن ذات استطالة، مثل الهورنبليد، أو تخطيط ناتج عن المعادن الصفائحية، مثل الميكا، أو تخطيط ناتج من محاور الطيات، أو تخطيط ناتج من تقاطع لاثنين أو أكثر من مستويات الشستزة أو بعض العناصر المستوية الأخرى.

(٢) الصخور المتحولة غير المتورقة

(Non-Foliated Metamorphic Rocks)

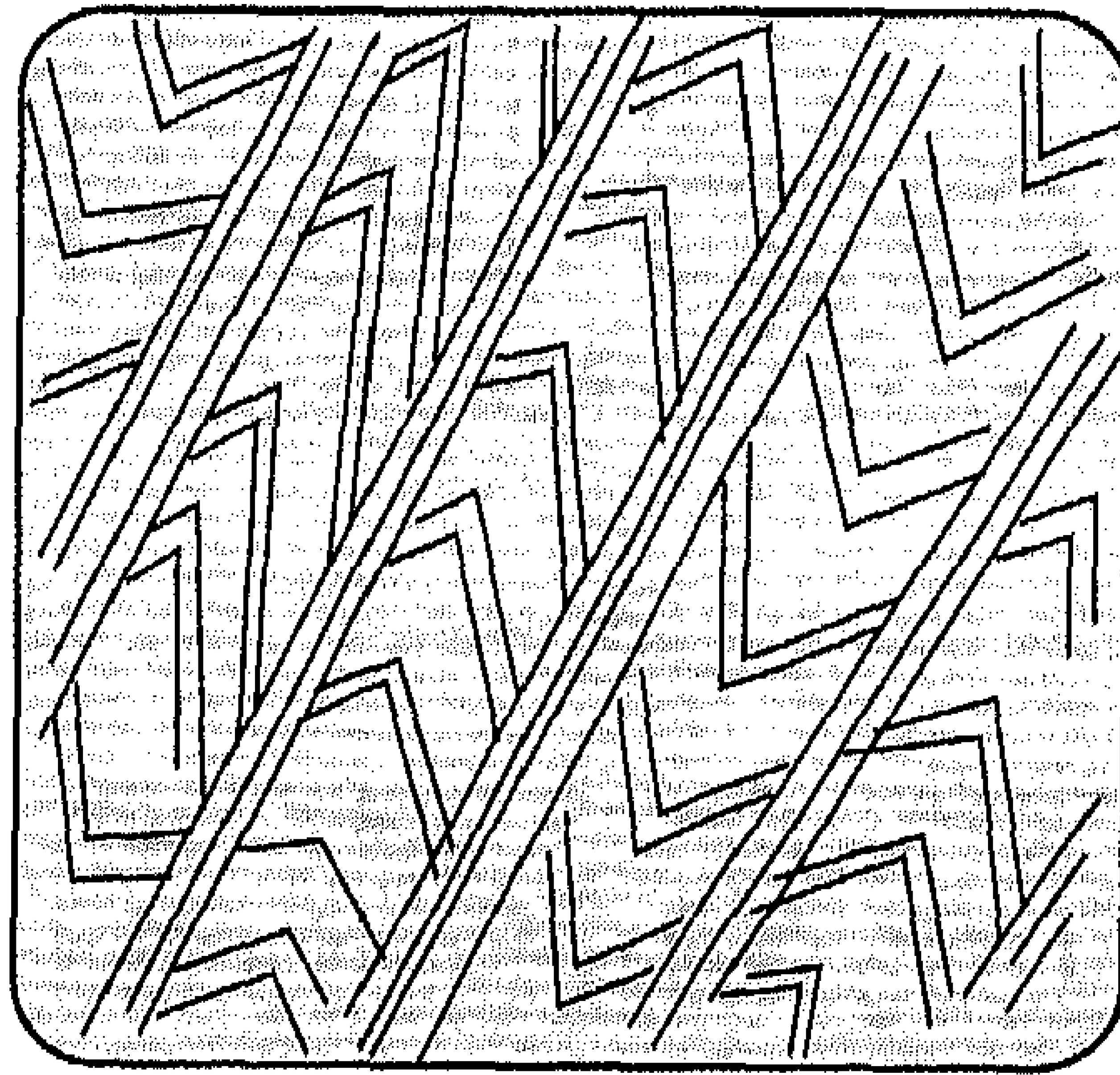
وهي عبارة عن صخور كتلية، ذات معادن غير موجهة، ولا تظهر أي علامات للتورق، أو التصفح، أو التطبق. تحتفظ هذه الصخور بمعلومات عن عمليات التبلور (crystallization reactions) مثل صخور الكوارتزيت (quartzite)، والرخام (marble).

يختلف نسيج الصخور المتحولة حسب عدة عوامل:

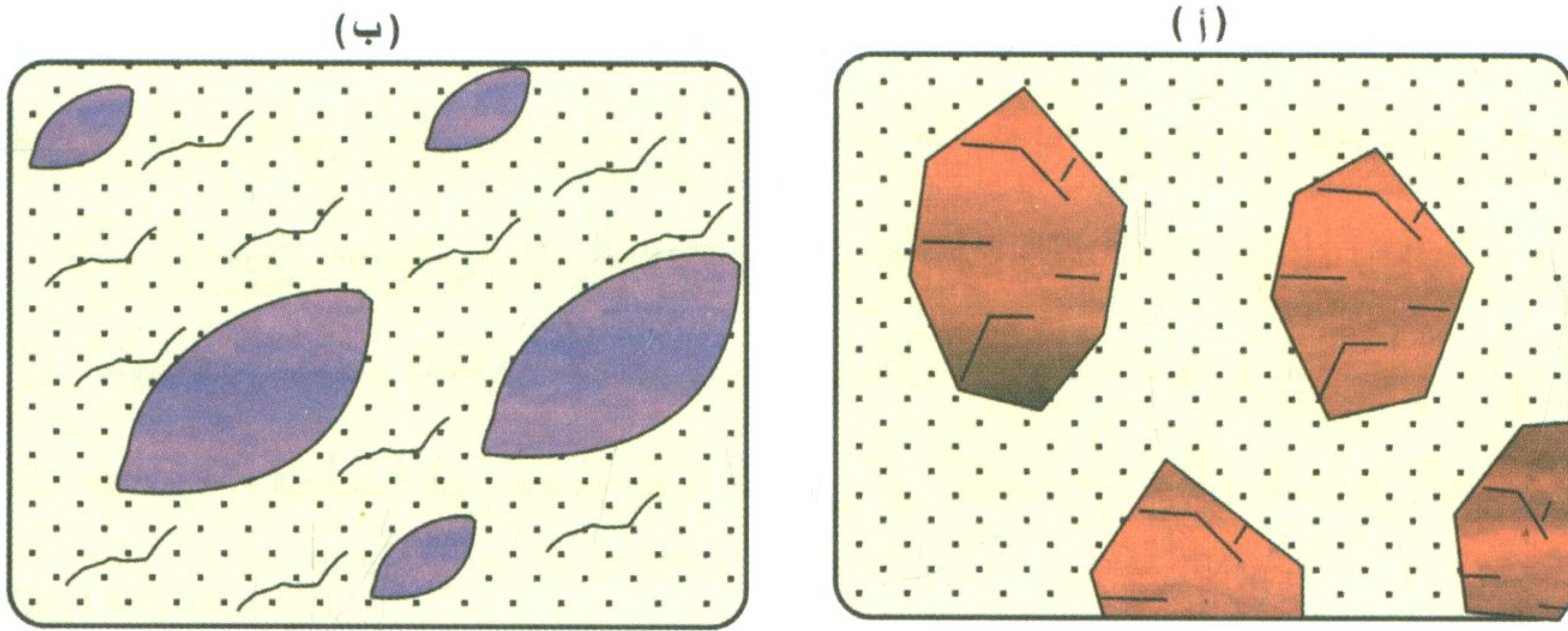
(١) نوع التحول الذي نتج عنه: مثال التحول الحـــراري، حيـــث تتكـــوّن بلورات معادن على شكل حبيبات ذات أبعاد متساوية تقريبًا، وليس لها توجيـــه معين. مثل النسيج الحبيبي، أو النسيج الهورنفلسي (hornfelsic texture). وأيضًا التحول التهشمي حيث تتكوّن معادن على شكل حبيبات مجروشة، أو على شكل حبيبات عدسية مفلطحة في مستويات القص أو التصدع، مثل النسيج الميلـــونيتي (mylonitic texture).

(٢) نوع التشوه الـــذي أصـــابها: مثـــل انفـــصام الـــتمعج (crenulation cleavage)، وهو تمعج للشستزة أو بعض التخطيطات المتقاطعة الأخرى، لتكوّن مظاهر مستوية أخرى، أو انفصام في الصخر (شكل ٦-٩).

(٣) وجود حبيبات كبيرة في الصخر: مثل النـــسيج البـــورفيري التحـــولي (porphyroblast) والنسيج البورفيري الفتاتي (porphyroclast) ونسيج الأوجن أو العيني (augen) (شكل ٦-١٠).

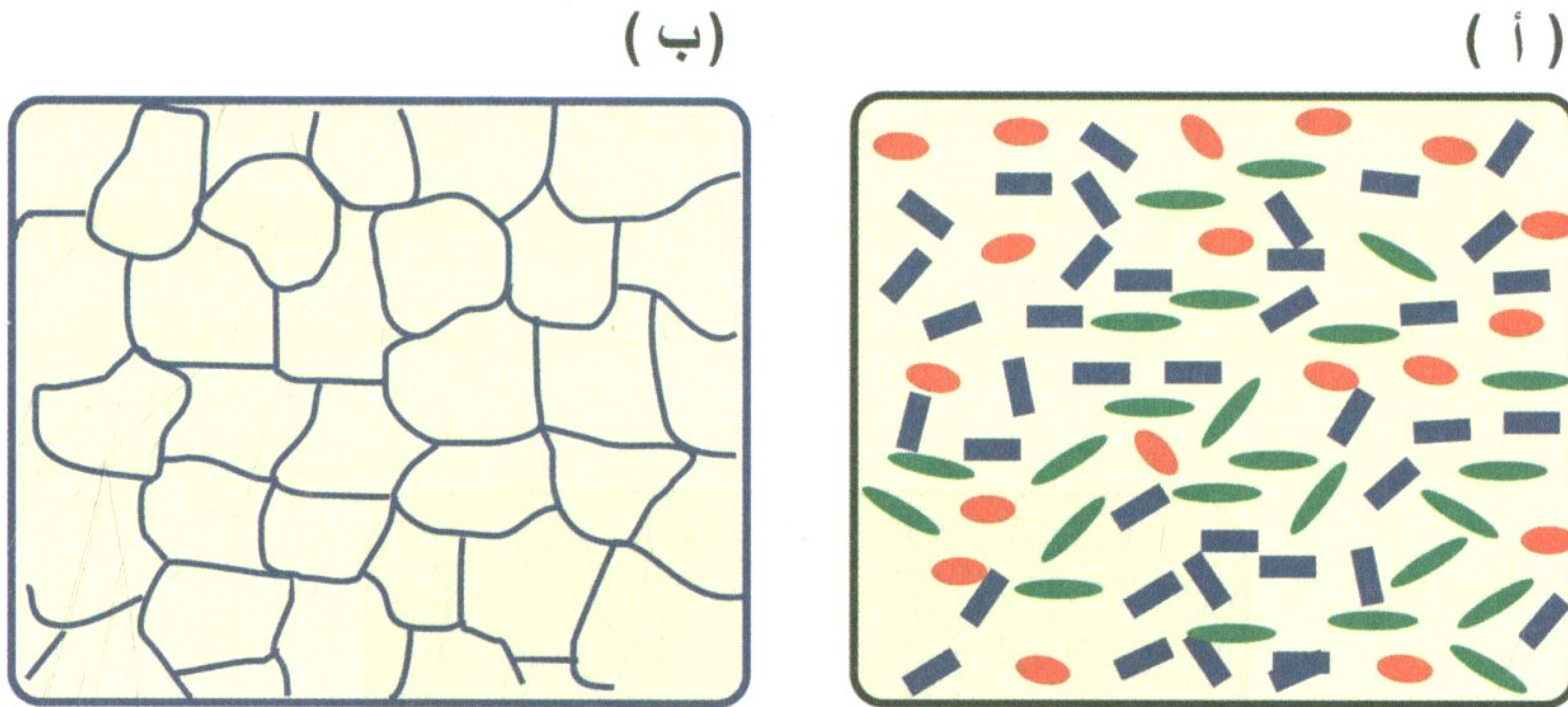


شكل ٦-٩. رسم تخطيطي يبين انفصام التمعج (crenulation cleavage).



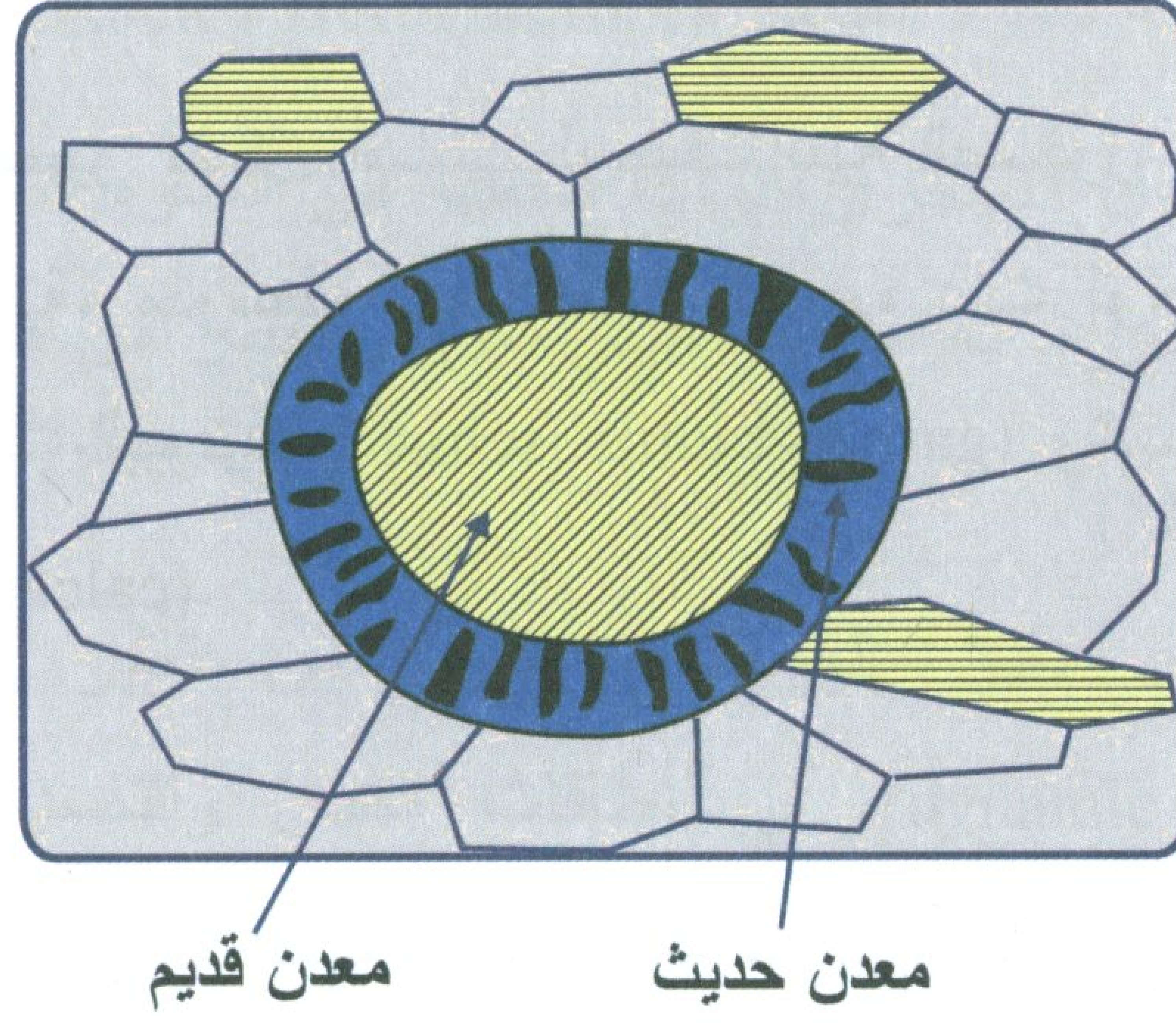
شكل ٦-١٠. (أ) نسيج بورفيرى، (ب) نسيج ميلونيتى.

(٤) الافتقار للتوجه التام: مثل نسيج الهورنفلس (hornfels) والجرانوبلاستك (granoblastic) (شكل ٦-١١).



شكل ٦-١١. (أ) نسيج هورنفلس، (ب) نسيج جرانوبلاستيك.

(٥) وجود مكتنفات داخل الحبيبات كبيرة الحجم: مثل النسيج المبرقش (poikiloblastic)، والنسيج الدائري، أو الحلزوني (helicitic)، أو نسيج الهالة، أو حافة التفاعل (corona or reaction rim) (شكل ٦-١٢).



شكل ٦-١٢. نسيج الهالة أو حافة التفاعل (corona texture).

تصنيف الصخور المتحولة
(Classification of Metamorphic Rocks)

(١) بناءً على بنية الصخر(Based on Rock's Structure)

تعني بنية الصخر شكل، وحجم، وطريقة توجه المعادن والتجمعات المعدنية بالصخر، بالإضافة إلى معالم هيكلية أخرى. ويحكم هذه البنية الكثير من عمليات التشوه الميكانيكي، والتمايز الكيميائي، التي تقترن دائمًا بالتحول الصخري. نستعرض فيما يلي أهم المصطلحات الوصفية لبنية الصخور المتحولة:

النيس (Gneiss)

صخر متحول يظهر بنية نيسوزية. يستخدم هذا التعبير بشكل أساسي لوصف بنية الصخور التي تحتوى على وفرة من الفلسبار والكوارتز (feldspar + quartz). ولكن يمكن أيضًا استخدامه في صخور خالية من الفلسبار، مثل نيس الهورنبلند (hornblende gneiss) ونيس البيوتيت والجارنت (biotite-garnet gneiss).

شست (Schist)

يستخدم هذا التعبير بشكل أساسي لوصف بنية الصخور التي تحتوي على حبيبات غير متساوية، متوسطة إلى خشنة الحجم، ذات توجيه مفضل. أمثلة ذلك: شست الجارنت-البيوتيت (garnet–biotite schist) وشست الميكا الكلسي (calcareous mica-schist).

اردواز (Slate)

يستخدم هذا التعبير لوصف الصخور ذات البنية الصفائحية لحبيبات دقيقة الحجم.

فيليت (Phyllite)

يشبه الاردواز من حيث البنية الصفائحية، ولكن حبيباته تكون نسبيًا أكبر في الحجم وأكثر توجيهًا. تظهر أسطح الرقائق لمعة مضيئة.

(٢) بناءً على مصدر المادة الأصلية للصخور

(Based on the Origin of the Protolith)

يعتمد هذا التصنيف على مصدر المادة الأصلية للصخر المتحول، فمثلاً إن كان أصل الصخر رسوبيًا، فإن الصخر المتحول يسبق بكلمة بارا (para)، مثل بارا–نيس (para-gneiss). أما إذا كان أصل الصخر ناريًا، فإن الصخر المتحول يسبقه كلمة أورثو (ortho)، مثل أورثو–أمفيبوليت (ortho-amphibolite) وهناك أيضًا بعض المصطلحات، والتي تسبق اسم الصخر الأصلي، لتدل على صفته التحولية، مثل: ميتابيليت (<u>meta</u>pellite)، ميتاجرانيت (<u>meta</u>granite) وميتاجابرو (<u>meta</u>gabbro).

(٣) بناءً على درجة تشوه الصخر (Based on Rock's Deformation)

يصاحب التحول الصخري أنواعًا مختلفة من التشوه الصخري والذي ينتج عنه بنية تركيبية مميزة. نعرض فيما يلي تعريفًا لبعض من هذه الصخور:

ميْلونيْت (Mylonite)

صخر متحول دقيق الحبيبات، يتكون من تأثير التحول الديناميكي (dynamic metamorphism)، في نطاقات القص والتصدع، ويتميز بوجود معادن عدسية الشكل (augen).

ألتْراميلونيْت (Ultramylonite)

هو صخر ميلونيتي، ولكن كل حبيباته الكبيرة الحجم قد تهشمت، ليصبح صخرًا مكونًا بنسبة أكبر من ٩٠٪ من أرضية دقيقة الحبيبات.

أوجين ميلونيت عدسي (Augen mylonite)

هو صخر ميلونيتي، يحتوي على حبيبات كبيرة عدسية الشكل، ويلتف حولها أحزمة من حبيبات دقيقة الحجم.

كتاكلسيت (Cataclasite)

صخر تعرض إلى عمليات تهشم.

بريشيا الصدوع (Fault Breccia)

صخر متهشم يحتوي على بنية تشبه البريشيا، ويتكون في نطاق التصدع.

جدول ٦-١. وصف مختصر لبعض الأنواع الرئيسة للصخور المتحولة.

اسم الصخر	نوع التحول	التركيب المعدني	النسيج	الصخر الأصلي	صفات أخرى	صورة
الإردواز (slate)	تحول إقليمي منخفض الرتبة	ميكا وكلوريت وكوارتز	متورق دقيق الحبيبات ذو انفصام صفائحي (slaty cleavage)	الحجر الطفلي أو الطيني (shale or mudstone)	لا ترى المعادن بالعين المجردة أو بالعدسة اليدوية	
الفيلايت (phyllite)	تحول إقليمي منخفض الرتبة	كلوريت مسكوفيت	متورق ومتميز بنسيج دقيق الحبيبات (fine-grained)	الحجر الطفلي أو الطيني (shale or mudstone)	يشبه الإردواز، إلا أنه يمكن تمييزه بلمعان أسطحه وخشانة حجمه نسبياً.	
الشست (schist)	تحول إقليمي متوسط الرتبة	معادن صفائحية (مثل المسكوفيت والبيوتيت)، بالإضافة إلى معادن أخرى.	متورق ، متوسط إلى خشن الحبيبات ويتميز بنسيج الشستزة.	الحجر الطفلي، الفيلليت أو البازلت	ممكن رؤية المعادن مثل الميكا وغيرها	

جدول ٦-١. تابع

اسم الصخر	نوع التحول	التركيب المعدني	النسيج	الصخر الأصلي	صفات أخرى	صورة
النيس (gneiss)	تحول إقليمي	الكوارتز والفلسبارات القلوية + المعادن الصفائحية	صفوف من طبقات متبادلة ذات معادن فاتحة وقاتمة	صخور الطفلة، الشست والجرانيت وأنواع أخرى	قد يوجد تورق مطوي (folded foliation band)	
الأمفيبوليت (amphibolites)	تحول إقليمي	معادن الأمفيبول والبلاجوكليز	متورق – نسيج شيستوزني	صخور مافية (بازلت)	يطلق عليه أحياناً اسم شست الهورنبلند أو نيس الهورنبلند حسب درجة التورق	
جرانيوليت (granulite)	تحول إقليمي	الجارنت والبيروكسين	جرانوبلاستيك (granoblastic) وأحياناً السمبلاكتيت (symplectites)	صخور مافية (بازلت)		
إكلوجيت (eclogite)	تحول إقليمي	الأومفاسيت والجارنت	جرانوبلاستيك (granoblastic) وأحياناً السمبلاكتيت (symplectites)	صخور مافية (بازلت)		

جدول ٦-١. تابع

اسم الصخر	نوع التحول	التركيب المعدني	النسيج	الصخر الأصلي	صفات أخرى	صورة
الرخام (marble)	تحول تلامسي	الكالسيت وأحيانًا نسبة من الدولوميت	نسيج حبيبى موزايكى (mosaic texture)	الحجر الجيري أو الدولوميت	يكون أشد صلابة من الصخور الأصلية	
الكوارتزايت (quartzite)	تحول تلامسي	الكوارتز	غير متورق جرانوبلاستيك (granoblastic)	الحجر الرملي (sandstone)	لون الكوارتزيت النقي أبيض، لكنه غالبا ما يحتوي على لون أكسيد الحديد	
ميلونيت (mylonite)	التحول الديناميكي	تركيب جرانيتي	نسيج عدسي (augen)	صخور جرانيتية أو رسوبية	يكثر وجوده قريبًا من نطق التصدع والقص	

أسئلة وتدريبات

١- اذكر باختصار ما المقصود بكل من:

(أ) التحول التماسي:

(ب) التحول الإقليمي:

٢- أكمل الآتى:

(١) تتكون صخور الرخام بالتحول....... بينما تتكون صخور الشست بالتحول........

(٢) تنشأ الصخور المتحولة غالبا في أحد البيئات الثلاثة التالية:

أ-

ب-

ج-

(٣) عوامل التحول الرئيسة هي:

أ-   ب-   ج-

(٤) في الصخور المتحولة حراريًا، تنشأ بالقرب من الصهير المعادن ذات الحرارة العالية مثل معدن..........، بينما تنشأ المعادن ذات الحرارة المنخفضة مثل معدن............ بعيدًا عن الصهير.

(٥) يطلق اسم الهورنفلس على أنواع كثيرة من الصخور المتحولة الناتجة عن التحول.................................. (اذكر نوع التحول)

(٦) تتأثر الصخور المتحولة تحولا إقليميا بالضغط الموجه، لذا فإنها عادة ما تكون.......... مثل صخر.......

(٧) رتب الصخور المتحولة التالية حسب درجة التحول ابتداءً من التحول المنخفض وانتهاء بالتحول العالي (الشديد):

أ- الشيست ب- الفيلايت ج- النيس د-الإردواز

(٨) هناك ثلاثة مصادر للحرارة اللازمة للتحول، هم:

....

٣- اختر الإجابة الصحيحة من الاحتمالات الواردة أسفل كل عبارة فيما يلي:

(١) يصاحب تحول التماس تكوين معادن عالية الحرارة بالقرب من الجسم الناري مثل:

أ) الكلوريت ب) الجارنت ج) السيلمانيت

(٢) أي من الصخور المتحولة التالية لا يظهر به تورق:

أ) الشيست ب) النيس ج) الكوارتزيت

(٣) يحدث التحول التلامسي نتيجة لـ:

أ) الضغط ب) الحرارة ج) الضغط والحرارة

(٤) صخر متحول خشن الحبيبات مستمد من الحجر الجيري هو:

أ- الكوارتزيت ب- الشيست ج- الرخام د- الدايورايت

(٥) صخر متحول تحول إقليمي منخفض هو:

أ- الشيست ب- النيس ج- الرخام د- الإردواز

(٦) صخر متحول تحول تماسي (حراري) هو:

أ- الكوارتزيت ب- الشيست ج- الفيلايت د- النيس

(٧) ما نوع التحول الذى ينتج من ارتفاع في درجة الحرارة الناتجة من تداخل من جسم ناري في الصخور المحيطة؟

أ- إقليمى ب- تلامسي ج- ديناميكي

(٨) عندما يتحول صخر طيني، ما هو اسم الصخر المتحول الناتج؟

أ- شيست ب- أمفيبوليت ج- نيس

(٩) أي من الصخور الآتية يمكن أن ينتج من تحول صخر ناري قاعدي ؟

أ- شيست   ب- أمفيبوليت   ج- بيردوتيت

(١٠) صخر دقيق الحبيبات تكون في نطاقات تعرضت إلى تهشم كثيف (zones of intense ductile deformation) حيث إن الحبيبات الأصلية تهشمت وأعيد تبلورها على شكل حبيبات دقيقة؟

أ- حجر رملي   ب- ميلونيت   ج- بساميت

(١١) ما هو النسيج الـــ Granoblastic ؟

أ- صخر تكون كل الحبيبات متساوية وتلتقى مع بعضها في زاوية قدرها ١٢٠ درجة.

ب- صخر يتميز بوجود حبيبات معدنية كبيرة في أرضية من الحبيبات الصغيرة.

ج- صخر يتميز بوجود بعض المكتنفات (inclusions) في الحبيبات الكبيرة.

(١٢) وجود السيليمانيت في صخر متحول يدل على ظروف

أ- ضغط مرتفع أثناء عملية التحول.

ب- منخفضة نسبيًا من الحرارة و الضغط.

ج- على درجة حرارة عالية حيث يتواجد في حالة التحول التلامسي.

13. Nonfoliated metamorphic rocks are usually composed of __________.

- ☐ Lineated mineral grains
- ☐ Equidimensional mineral grains
- ☐ Randomly distributed mineral grains
- ☐ Large mineral grains within small mineral grains

14. Which one of these metamorphic rocks is composed predominantly of a single mineral?

- ☐ Gneiss
- ☐ Marble
- ☐ Slate
- ☐ Mica schist

15. The most common chemically active fluid involved in the metamorphic process is hot water containing ions in solution.

- ☐ True
- ☐ False

16. The "layered" or "banded" appearance resulting from mineral alignment in a metamorphic rock is termed:
- ☐ Detriatal
- ☐ Foliation
- ☐ Phaneritic
- ☐ Nonfoliated

17. Rocks subjected to intense heat when they are intruded by magma undergo a process called __________.
- ☐ Regional metamorphism
- ☐ Contact metamorphism
- ☐ Metasomatism
- ☐ Alteration

18. Which of the following is least likely to occur during metamorphism?
- ☐ Formation of cross-bedding
- ☐ An increase in density
- ☐ Growth of large crystals
- ☐ Development of foliated texture

19. Metamorphic rocks can form from other metamorphic rocks.
- ☐ True
- ☐ False

20. When stress is applied unequally in different directions, it is termed __________.
- ☐ Differential pressure
- ☐ Differential stress
- ☐ Confining pressure
- ☐ Confining stress

21. Which one of the following is NOT an agent of metamorphism?
- ☐ Heat
- ☐ Pressure
- ☐ Crystallization
- ☐ Chemically active fluids

22. During metamorphism, elongated crystals tend to recrystallize with an orientation that is __________ to the direction of greatest stress.
- ☐ Parallel
- ☐ Perpendicular
- ☐ Oblique
- ☐ Tilted

الباب السابع

المياه السطحية والجوفية (Surface and Groundwater)

- مقدمة
- المياه السطحية
- المياه الجوفية أو الباطنية
- الينابيع
- الآبار
- العمل الجيولوجي للمياه الجوفية

مقدمة (Introduction)

هي عبارة عن حركة المياه من المحيطات إلى الغلاف الجوي، وعودتها إلى الأرض مرة أخرى على شكل أمطار أو ثلوج من خلال عدة عمليات (شكل ٧-١).

المياه السطحية (Surface Water)

الدورة المائية (Hydrologic Cycle)

١- تبدأ الدورة من تبخير المياه (evaporation) لأسطح البحار، والمحيطات بفعل أشعة الشمس.

٢- يتصاعد بخار الماء في الغلاف الجوي حيث تحمله الرياح.

٣- حينما تقابل الرياح المشبعة بالرطوبة سلاسل جبلية، تتحرك هذه الكتل الهوائية إلى أعلى، فتنخفض درجة حرارتها، ويؤدي ذلك في كثير من الأحيان إلى تساقط الأمطار.

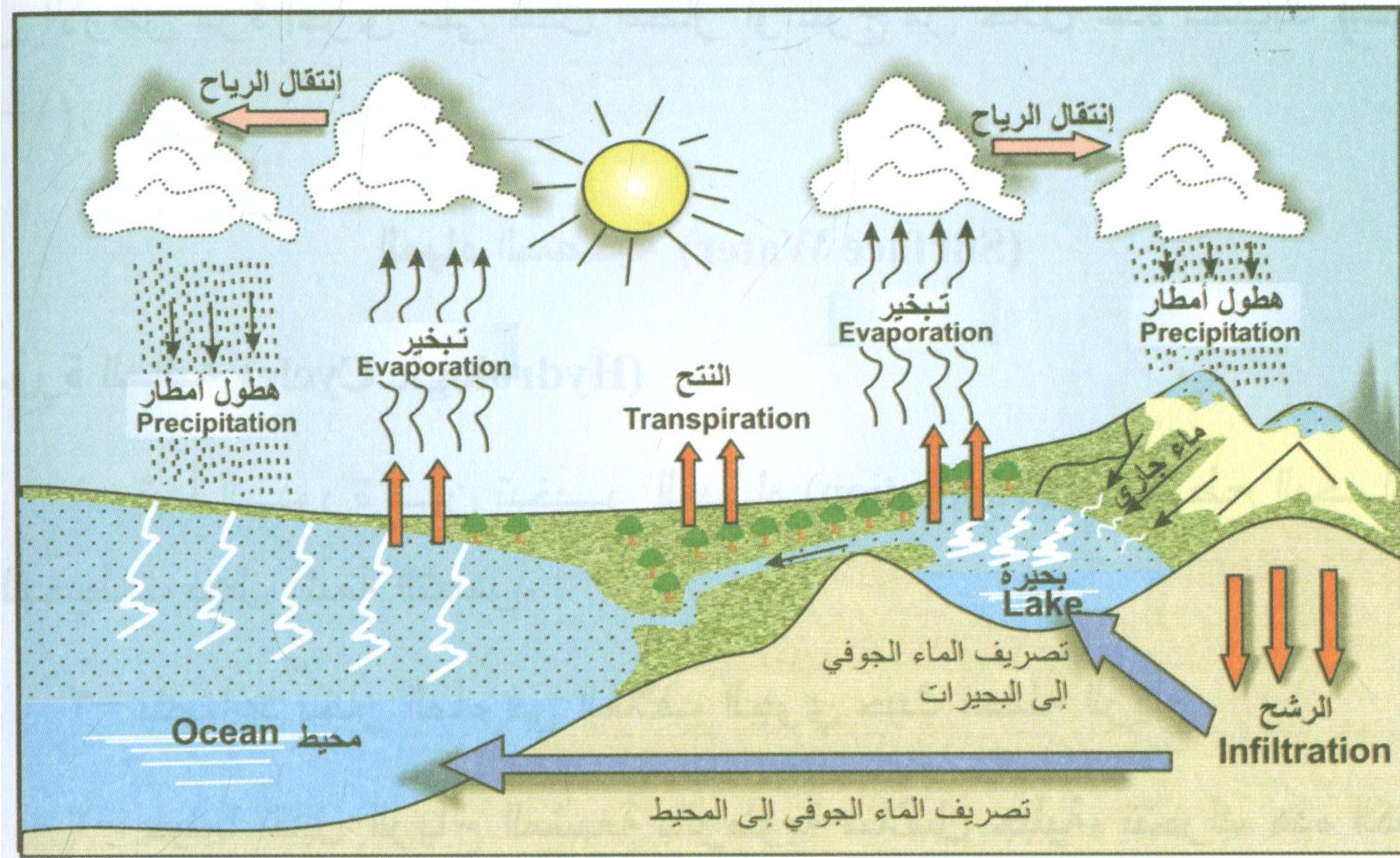
٤- حين تسقط الأمطار على المحيطات، تكون بذلك قد انتهت دورة كاملة.

٥- حين تسقط الأمطار على اليابسة، ينفذ جزء منها داخل الأرض في اتجاه عمودي، ثم اتجاه جانبي، ثم ينساب إلى البحيرات والأنهار، أو إلى المحيطات مباشرة.

٦- إذا زاد معدل هطول الأمطار عن قدرة الأرض على امتصاص هذه المياه، فإن هذه المياه تكوّن البحيرات والأنهار، ثم تتبخر، وتأخذ طريقها إلى الغلاف الجوي.

٧- النبات يمتص جزءًا من الماء، ثم يطلقه إلى الغلاف الجوي، فيما يعرف بالنتح.

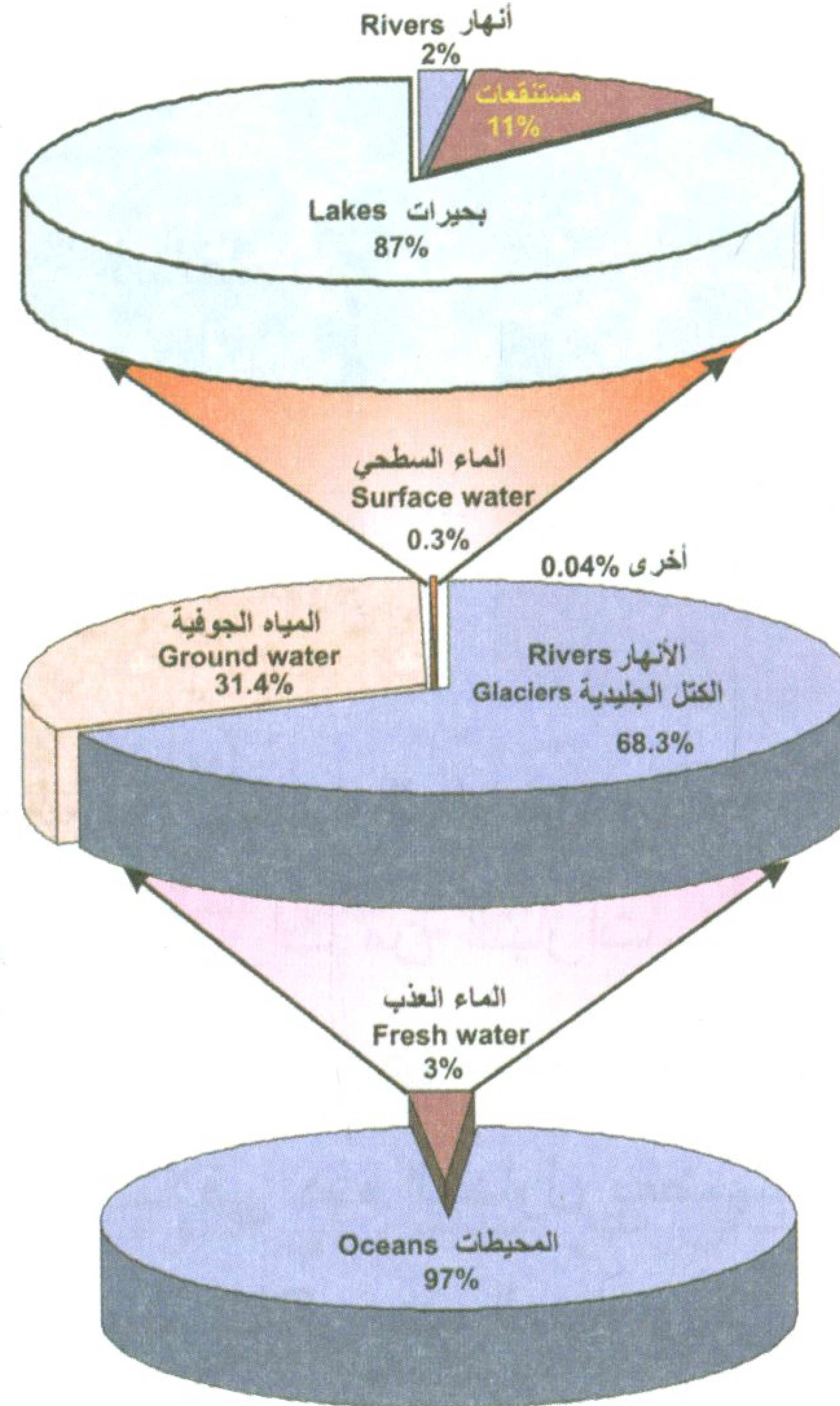
٨- عند هطول الأمطار في المناطق القطبية، لا تتسرب المياه إلى باطن الأرض، ولا تتبخر، أو تجري على السطح، بل تكوّن المجالد (glaciers).



شكل ٧-١. مخطط لدورة المياه موضحًا عناصرها الأساسية: (١) هطول الأمطار (precipitation)، (٢) التبخر (evaporation)، الرشح (infiltration)، الجريان (runoff).

يصل إجمالي إمدادات المياه في العالم إلى حوالي ١٣٨٦ مليون كيلومتر مكعب من الماء، منها أكثر من ٩٦٪ عبارة عن ماء مالح (شكل ٧-٢). وفيما يتعلق بالماء العذب، منها ما يزيد على ٩٦٪ محجوز بالأنهار، والكتل الجليدية، و٣٠٪ موجود بالأرض (شكل ٧-٢). أما مصادر الماء العذب المتمثلة في الأنهار والبحيرات، فهي تشكل حوالي ٩٣١٠٠ كيلومترًا مكعبًا، أي حوالي ١/١٥٠ من ١٪ من إجمالي الماء. ولا تزال الأنهار

والبحيرات تشكل معظم مصادر المياه التي يستخدمها الناس يوميًا (مصدر المعلومات: http://ga.water.usgs.gov/edu/watercyclearabic.html).



شكل ٧-٢. توزيع المياه بالأرض.

المياه الجارية (Running Water) أو الماء المنطلق (Runoff Water)

للمياه الجارية أهمية كبرى بالنسبة للبشر، فيعتمد الناس على الأنهار في توليد الطاقة، وفي عمليات النقل والري، وقد لعبت وديان الأنهار دورًا كبيرًا في تقدم الإنسان، منذ فجر الحضارة الأول. حيرت مصادر المياه الإنسان منذ القدم، ولم يتفهم أن مصادر مياه الأنهار، هي المياه الجارية والمياه الجوفية اللتان مصدرهما مياه الأمطار والثلوج.

تبدأ المياه الجارية حركاتها في صفائح رقيقة، وعريضة، تسمى بالتدفق السطحي (sheet flow) وهي تعتمد في ذلك على سعة مسامية التربة، وتعتمد سعة مسامية التربة على عدة عوامل هي:

١- شدة الأمطار.
٢- رطوبة التربة السابقة.
٣- بنية التربة.
٤- ميل السطح.
٥- الغطاء النباتي.

في حالة تشبع التربة، ينساب الماء في صفحة ذات سمك ملليمتر. تبدأ بعدها في تكوين خيوط ومسارات من التيارات. تتجمع المسارات في قنوات صغيرة تسمى جداول، وهي مجاري مائية صغيرة تأخذ الاتجاه العام لاتجاه انحدار سطح المنطقة. وتتلاقى هذه الجداول بعضها البعض متجمعة في مجاري مائية محدودة الجوانب، ثم تتلاقى هذه المجاري في مجاري مائية أكبر تعرف بالروافد(tributaries)، التي تصب في نهاية المطاف في المجرى الرئيس، وهو النهر (river)، وفي ضوء ذلك يمكن تعريف النهر على أنه مجرى مائي تصب فيه عدة روافد.

التدفق المائي (Water Flow)

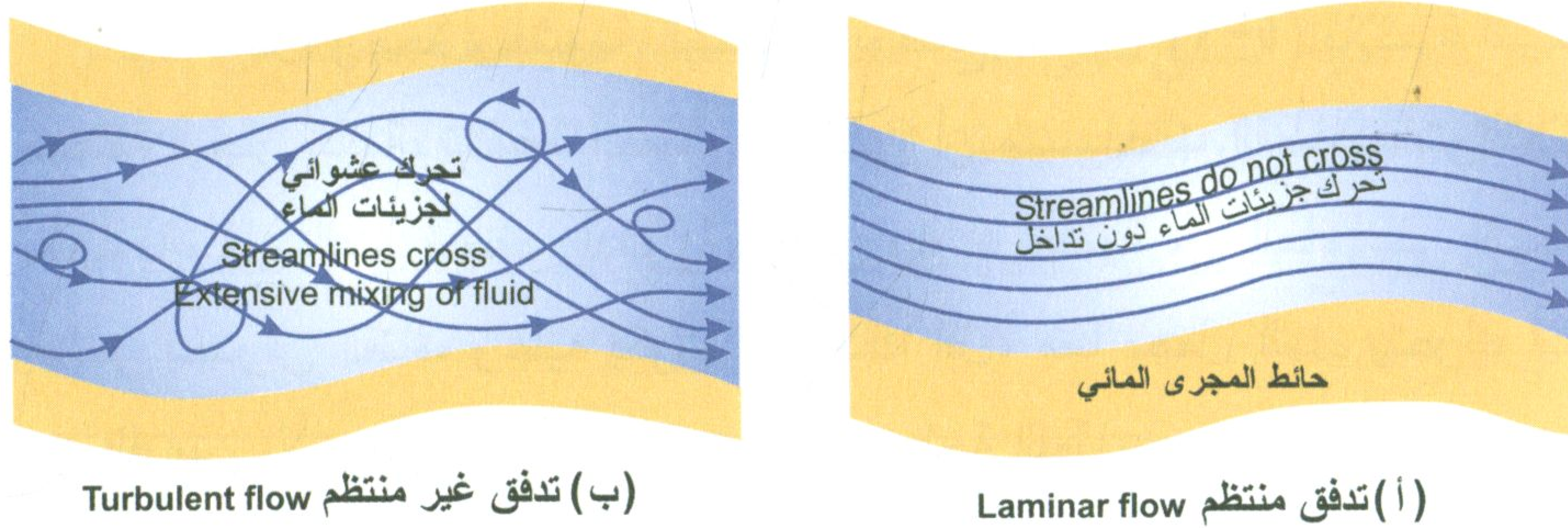
يتدفق الماء في المجاري المائية بطريقتين:

١- تدفق في رقائق (Laminar Flow)

حيث تتحرك جزيئات الماء في مسارات دون اختلاف، ويحدث ذلك في القنوات الملساء (شكل ٧-٣أ).

٢- تدفق غير منتظم أو تدفق دوامي (Turbulent Flow)

حيث تتحرك جزيئات الماء في اتجاهات مختلفة بصورة عشوائية، ويحدث ذلك في القنوات الخشنة (شكل ٧-٣ب).



شكل ٧-٣. أنواع التدفق المائي.

تعتبر سرعة المجاري المائية العامل الرئيس الذي يحدد نوعية حركة الماء، في كونها تدفق رقائقي، أو تدفق غير منتظم. في القنوات الملساء، لابد من السرعة البطيئة لإمكانية تدفق الماء في رقائق (شكل ٧-٣أ). عند زيادة السرعة أو خشونة المجرى، يتحول التدفق الرقائقي إلى تدفق غير منتظم (شكل ٧-٣ب).

بصفة عامة فإن المياه في مجاريها تتحرك بتدفق غير منتظم، وتعمل حركة المياه على تعرية قناة المجرى، وكذلك لا تستطيع ترسيب حمولتها المعلقة (suspended load). يأخذ الماء طريقه إلى البحر عبر المجاري المائية تحت تأثير الجاذبية. بعض المجاري المائية بطيئة لا تزيد سرعتها عن ١ كم/ساعة، وبعضها قد تصل سرعته إلى ٣٠ كم/ساعة. عندما يكون النهر مستقيمًا، تكون أقصى سرعة للمجرى عند منتصفه تحت السطح بقليل، وتقل السرعة على الجوانب، وفي القاع نتيجة الاحتكاك.

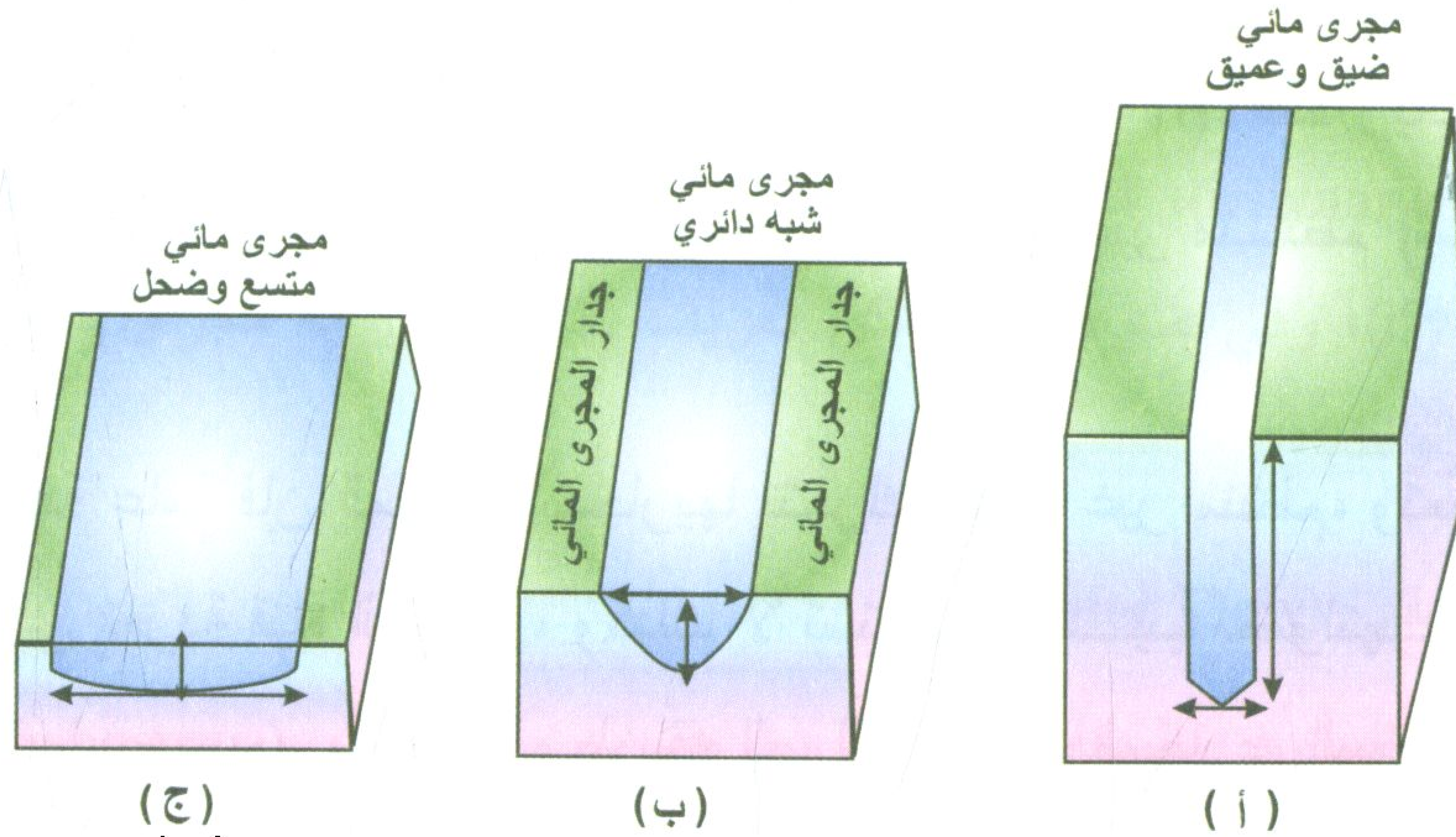
العوامل المتحكمة في التدفق المائي

(Factors that Control Water Flow)

١- الميل العام: كلما زاد الميل كلما زادت طاقة الماء على التدفق، أي أن المجرى الأكثر ميلاً تكون سرعة التدفق أكبر من المجرى الأقل ميلاً.

٢- شكل وحجم وخشونة المجرى: يوضح شكل (٧-٤) ثلاثة أشكال مختلفة لمجارٍ مائية، نلاحظ أنه بالرغم من أن مساحات القطاعات الثلاثة متساوية، فإن القناة نصف الدائرية، يتبقى بها أقل كمية من الماء على اتصال مباشر بجدران القناة، وعليه يكون الاحتكاك أقل، مما يجعل الماء يتحرك أسرع من القناتين الأخرتين، بالرغم من تساوي مساحة القطاع بينهما.

٣- مقدار خشونة المجرى المائي: كلما ازدادت خشونة المجرى المائي، كلما كان تدفق الماء غير منتظم، وعلى عكس ذلك، نجد أن القناة الملساء تسمح بتدفق منتظم.



شكل ٧-٤. ثلاثة أشكال لمجارٍ مائية ذات مساحات مقطعية متساوية، ولكنها مختلفة في شكل القناة. نلاحظ أن القناة نصف الدائرية، (ب) بها أقل كمية من الماء على اتصال مباشر بجدران القناة، مما يجعل الماء يتحرك أسرع من القناتين الأخرتين (أ، ج).

٤- حجم المجرى المائي: كلما ازداد حجم المجرى المائي كلما قلت نسبة ملامسة الماء لجدران المجرى، بما يعني نقصان شدة الاحتكاك بقاع وجوانب المجرى المائي، وبالتالي ينتج عنه تدفقًا أكثر انتظامًا.

تعريف كمية التدفق: هى كمية الماء المندفعة عند نقطة معينة من النهر خلال وقت معين (يقاس بالمتر المكعب أو القدم المكعب).

كمية التدفق = عرض القناة (بالمتر) x عمق القناة (بالمتر) x السرعة (بالمتر ثانية).

التغيرات التي تحدث بمجرى النهر

(Changes That Occur Within River Stream)

١- تتميز الأنهار بتناقص الانحدار من المنبع إلى المصب (شكل ٧-٥).

٢- يؤثر الانحدار تأثيرًا مباشرًا على سرعة التيار في النهر، والتي بدورها تؤثر على العمل الجيولوجي له، فكلما زاد الانحدار، زادت قدرة النهر على التدفق والانسياب، فإذا كان هناك نهران متماثلان في كل الخصائص، فإن النهر الأكثر انحدارًا تكون سرعة تدفق المياه فيه أكبر، وكذلك القوة التحاتية للنهر، ومقدرته على تعميق المجرى بسرعة.

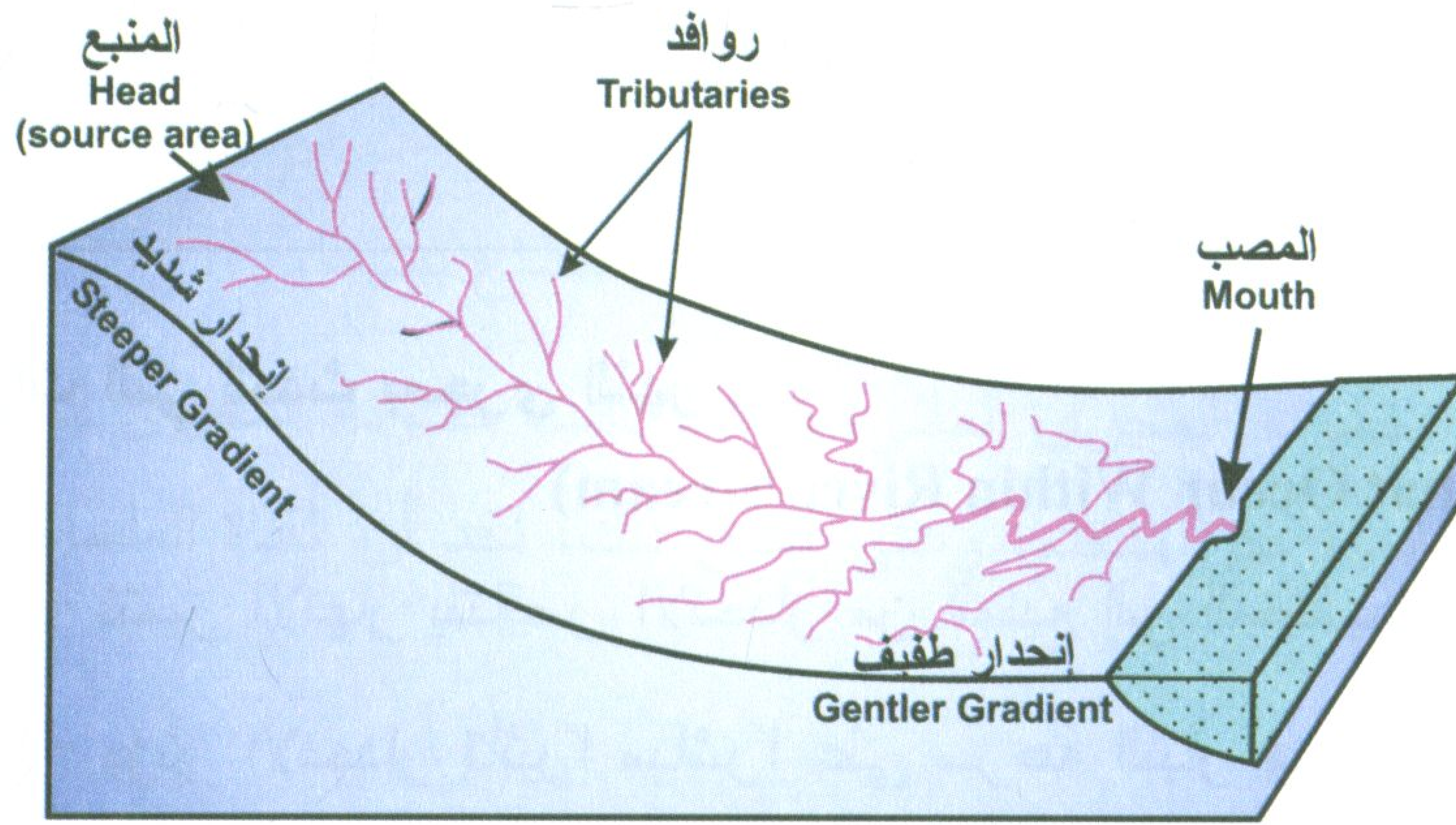
٢- تزداد كمية التدفق اتجاه المصب، وذلك لأن المزيد من الروافد تلتحق بالنهر كلما اقتربنا من المصب (شكل ٧-٥).

٣- تضاف كميات كبيرة من الماء باستمرار من المياه الباطنية إلى النهر الرئيس في المناطق الممطرة.

٤- يتغير عرض، وعمق النهر، وسرعة مياهه، بناءً على حجم الماء داخل المجرى.

٥- يزداد انتظام النهر من حيث العرض، والعمق، والسرعة مع زيادة كمية التدفق.

٦- عند منبع النهر، حيث الانحدار والميل شديدين، يتدفق الماء في مجرى ضيق يزدحم بالصخور، وبعد مسافة يقل حجم مواد القاع، مما يقلل مقاومة التدفق، بالإضافة إلى أن اتساع المجرى، وزيادة عمقه، تزيد من ملائمته للزيادة في كمية التدفق.



شكل ٧-٥. قطاع طولي لمجرى مائي من المنبع إلى المصب.

نقل المجاري المائية للرسوبيات

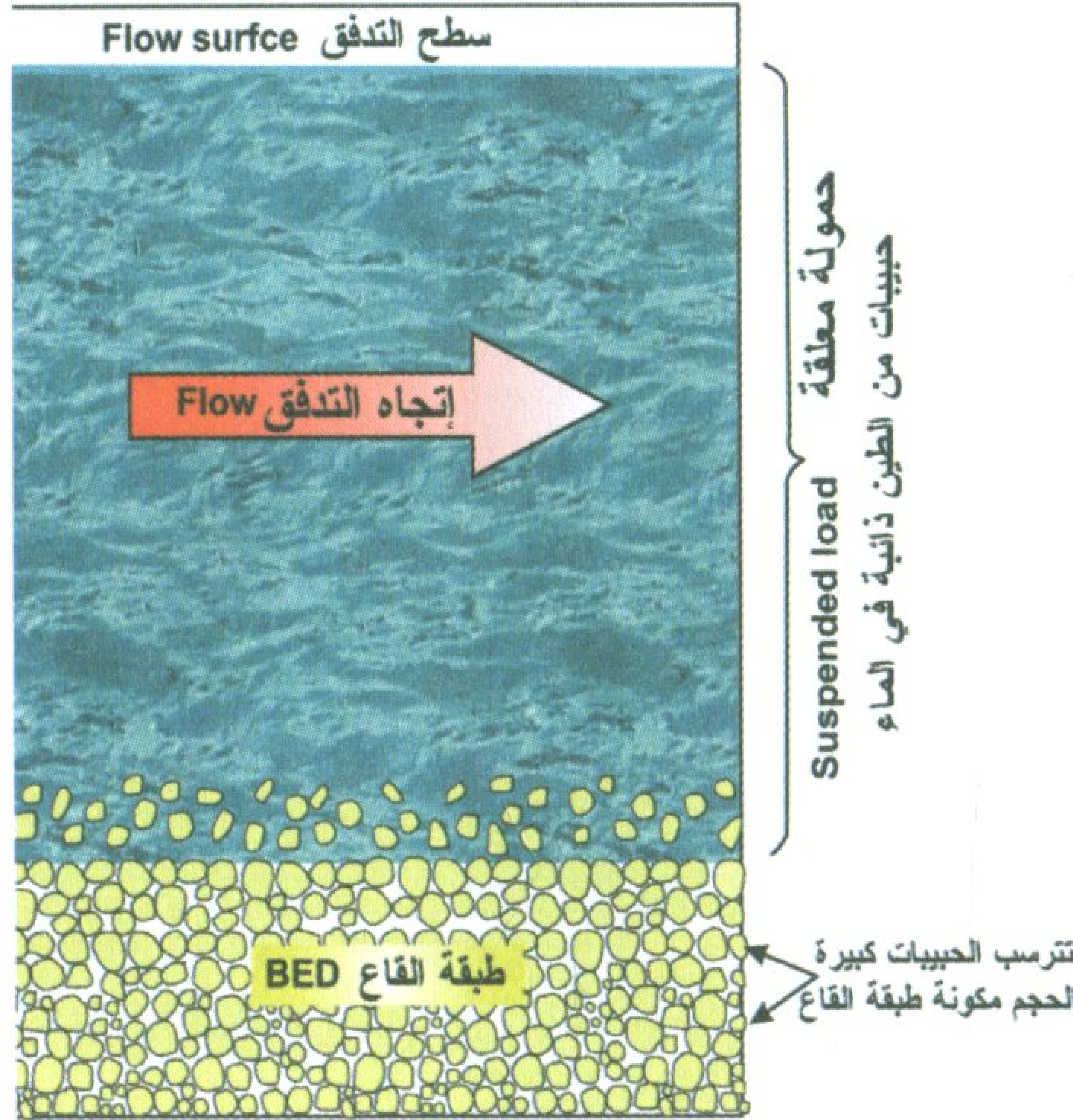
(Deposits Transportation by Water Streams)

للماء الجاري قدرة كبيرة على حمل فتات الصخور، وتتناسب هذه القدرة مع سرعة تيار الماء تناسبًا طرديًا، أي أن مضاعفة سرعة تيار الماء، تزيد قدرته على حمل الفتات عدة مرات، وهذا يفسر التدمير التي تحدثه الفيضانات، وبسبب قدرة الماء المفاجئة على حمل الحصى والجلاميد الصخرية بسرعة كبيرة، فتهدم كل ما تصطدم به، علاوة على قدرة تيار الماء على اقتلاع كل ما يعترضه. ومن ناحية أخرى فإن انخفاض سرعة التيار في النهر لأي سبب،

يؤدي أيضا إلى انخفاض قدرة التيار على الحمل بدرجة كبيرة، فيترسب جزء من حمولته. ويمكن تقسيم حمولة النهر إلى أربعة أنواع:

١- الحمولة المعلقة (Suspended Load)

معظم المجاري المائية تحتوي على حمولة معلقة تتكون من الرمال الدقيقة، والطين، والغرين (شكل ٧-٦). تكون هذه الحمولة في حركة دائمة في المياه (عكارة). كما يستطيع الماء الجاري أن يحملها لمسافات طويلة.



شكل ٧-٦. الحمولة المعلقة والأرضية.

٢- الحمولة الأرضية أو القاعية (Bed Load)

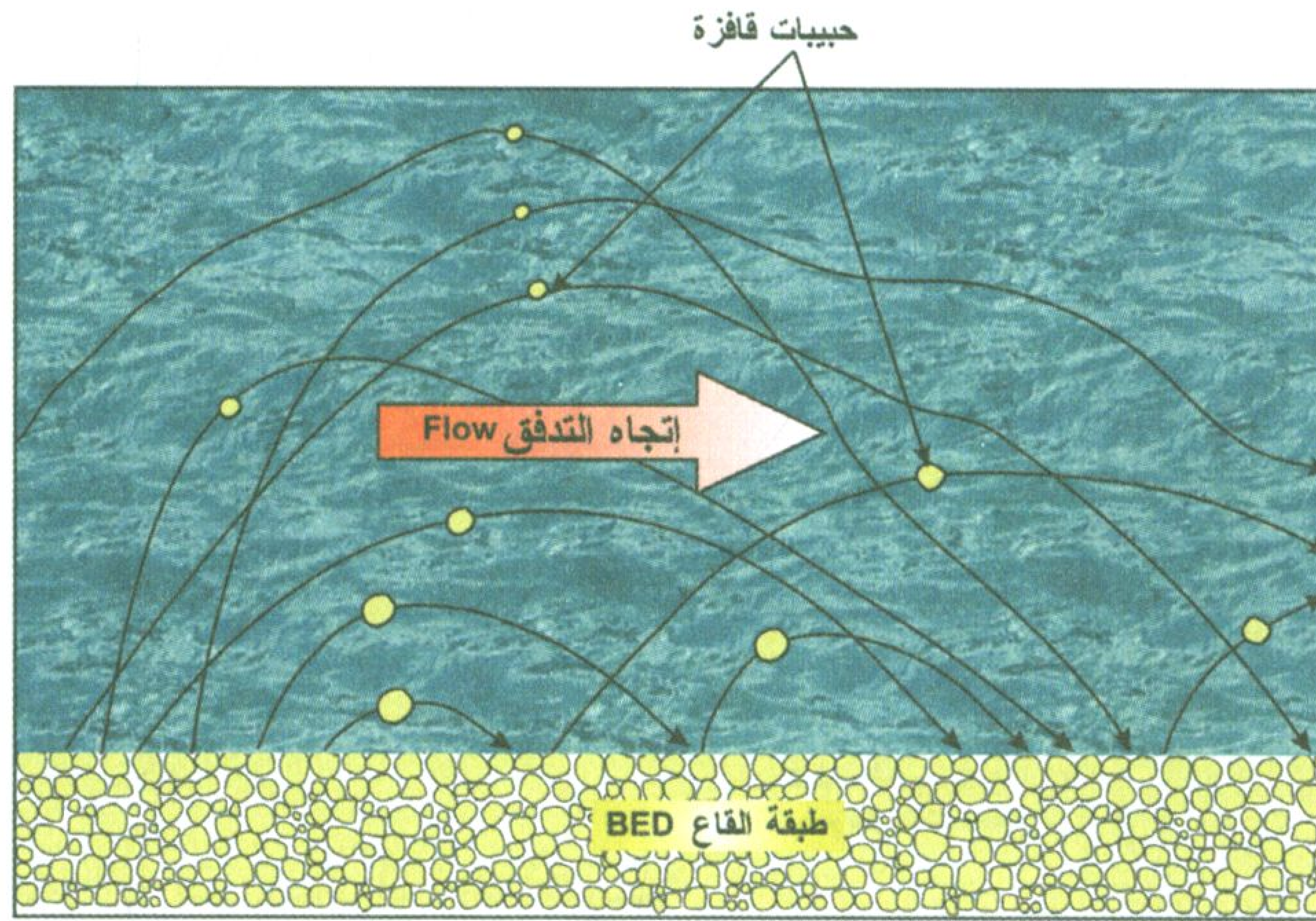
هي عبارة عن الحصى الكبير (coarse gravel)، والزلط (boulders)، والجلاميد (blocks) بأحجام تختلف حسب شدة التيار، ولا يستطع الماء حمل هذا الحصى الكبير، ولكنه يدفعها ويدحرجها على القاع (شكل ٧-٦).

٣- الحمولة الذائبة (Dissolved Load)

وهي الأملاح والمواد القابلة للذوبان في الماء والتي تنتج بفعل التجوية. تتكون هذه الحمولة بالإذابة المباشرة لصخور المجرى المائي ثم يضيف إليها موادًا معدنية ذائبة أخرى بتغلغله داخل الشقوق والفراغات. تبدأ عملية ترسيب المواد الذائبة فقط عند تغير الصفات الفيزيوكيميائية للماء (physicochemical conditions).

٤- الحمولة القافزة (Saltation Load)

هي حبيبات الرمال الخشنة والحصى (gravel) الذي لا يستطيع الماء حمله، ولكنه يتحرك على القاع في قفزات متتالية، حسب شدة تيار الماء وقد تعتبر جزءًا من الحمولة القاعية (شكل ٧-٧).



شكل ٧-٧. الحمولة القافزة.

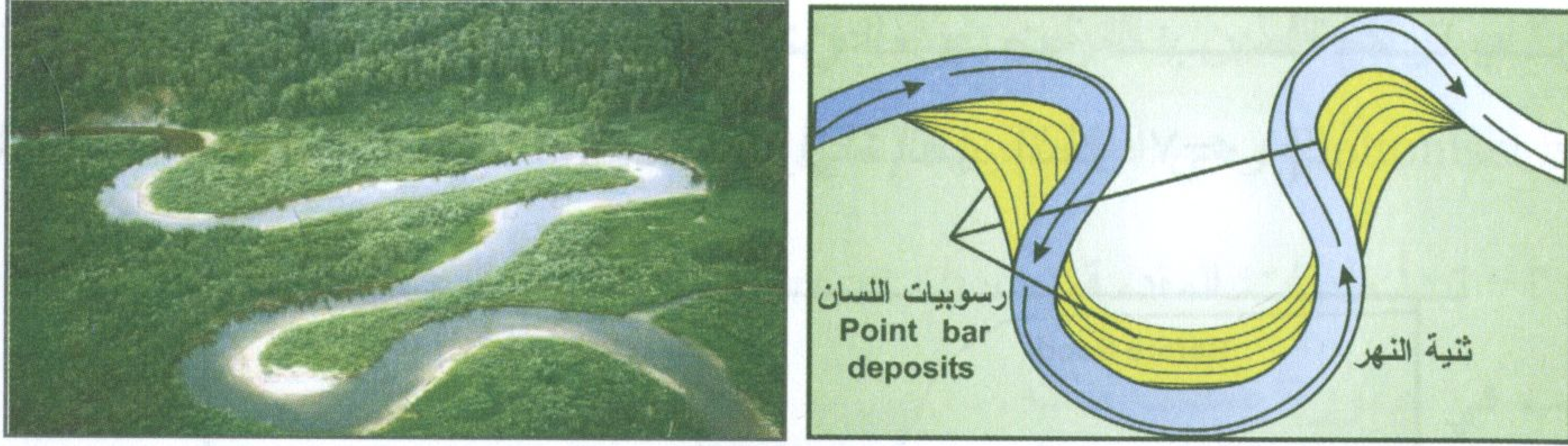
تراكم الرسوبيات بفعل المجاري المائية
(Deposits Accumulation by Water Streams)

تتناقص كفاءة المجرى المائي على نقل الرسوبيات بتناقص سرعته. ينتج عن تناقص السرعة ترسيب الجزيئات بناءً على حجمها، الأكبر ثم الأصغر.

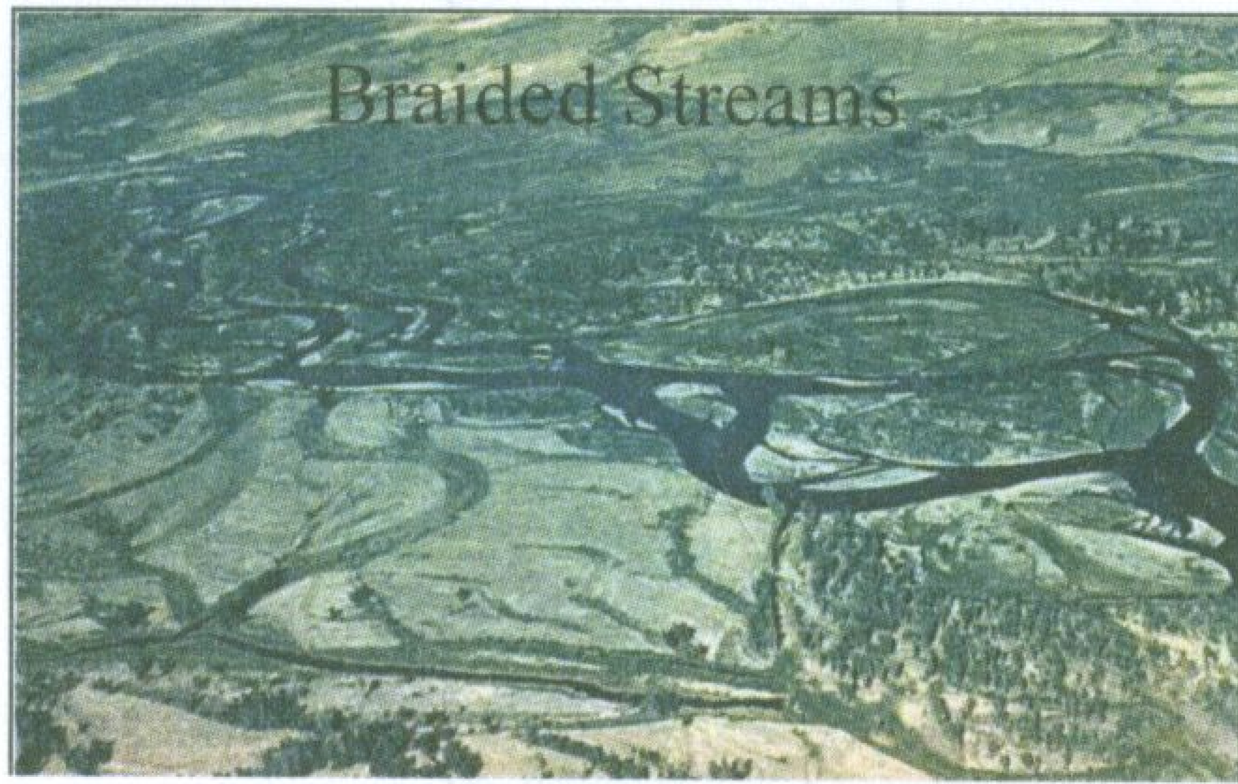
(أ) رسوبيات القناة (Stream Sediments)

١- أثناء نقل النهر لحمولته إلى البحر، يقوم بترسيب جزء منها في قناته، وهي عادة من الرمل والحصى الصغيرة تسمى هذه الرسوبيات بالعقبات (bars).

٢- تكثر هذه العقبات عند ثنايا المجرى المائي، حيث تضعف شدة التيار، وتكوّن ما يشبه اللسان عند ثنْية النهر، ولذلك تسمى رسوبيات اللسان (point bar) (شكل ٧-٨).



شكل ٧-٨. رسم توضيحي يبين تكّون العقبات ورسوبيات اللسان عند ثنايا المجرى المائي.



شكل ٧-٩. المجرى المجدول.

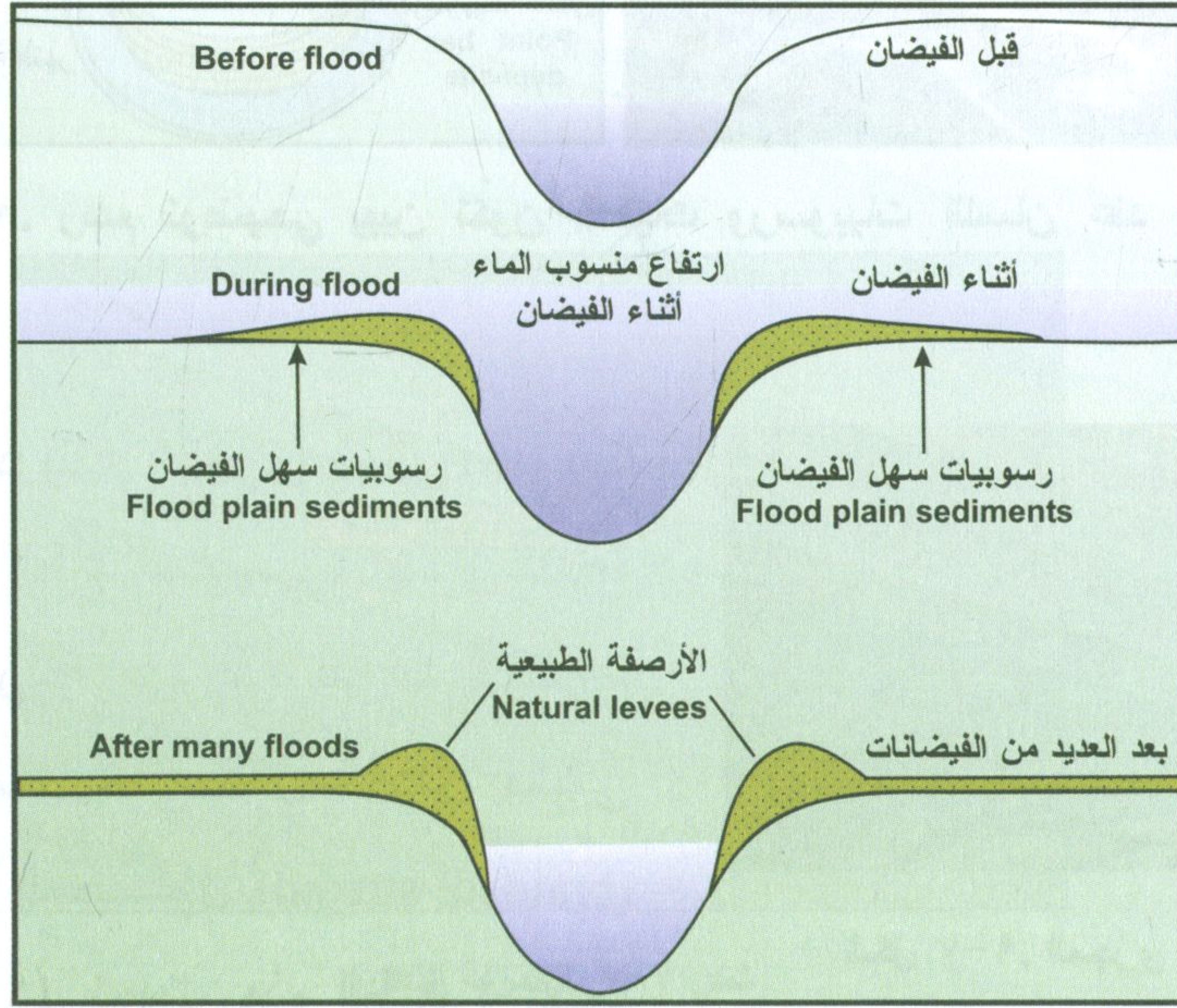
٣- قد يقوم المجرى المائي بترسيب مواد على القاع، مما يسبب اختناق قناته، وبالتالي تفرعه إلى عدة ممرات تتفرع وتتلاحم، مما يعطي شكل الجدائل فيسمى المجرى المجدول (braided stream) (شكل ٧-٩). تحدث هذه الظاهرة عندما تقوم الأمطار بدفع كميات كبيرة من المواد في المجرى المائي أوعند نهاية مجلد (glacier) حيث يذوب الجليد وتندفع رسوبيات الجليد إلى المجرى الرئيس.

(ب) رسوبيات سهل الفيضان (Flood Plain Sediments)

١- السهل الفيضاني (flood plain)، هو جزء من الوادي الذي تغمره المياه أثناء الفيضان، وقد يصل عرض هذا السهل إلى عدة كيلومترات، وبعضها إلى بضع أمتار (شكل ٧-١٠).

٢- يتكون الركام الذي يغطي السهول الفيضانية من رمال خشنة، وحصى صغيرة، مصدرها رواسب الألسنة (point bars) وبعضه يتكون من رمال ناعمة، وغرين، وطمي.

٣- تبني بعض الأنهار ذات الأحواض العريضة المنبسطة، ما يعرف بالأرصفة الطبيعية (natural levee) بموازاة القناة (شكل ٧-١٠).



شكل ٧-١٠. مراحل تكوّن رسوبيات سهل الفيضان والأرصفة الطبيعية.

(ج) رسوبيات الدلتا والمراوح الركامية

(Delta and Alluvial Fan Sediments)

تترسب هذه المكونات نتيجة للفقدان المفاجئ للمجرى على حمل الرواسب، وبالرغم من تشابههما، إلا أنهما ظاهرتان لكل منهما ما يميزه كما يتضح من الجدول رقم (٧-١):

الدلتا (Delta)

١- تتكون الدلتا عند دخول مجرى مائي مياه المحيط، أو البحار الهادئة نسبيًا.

٢- يتراكم الطين والغرين بعيدًا عن المصب فيما يعرف بطبقات القاعدة (bottomset beds) وهي أفقية تقريبًا (شكل ٧-١١).

٣- تبدأ طبقات المقدمة (foreset beds) في التكوين، وهي رسوبيات خشنة تترسب في صورة طبقات مائلة.

٤- تغطي طبقات المقدمة طبقات أفقية تسمى طبقات القمة (topset beds)، وتتراكم أثناء الفيضان.

٥- بعض الأنهار لها دلتاوات مثل نهر النيل والمسيسبي، والبعض ليس له دلتاوات نتيجة وجود تيارات مائية شديدة، وأمواج عند المصب تمنع تراكم الرسوبيات، وتكون الدلتا مثل نهر كولومبيا.

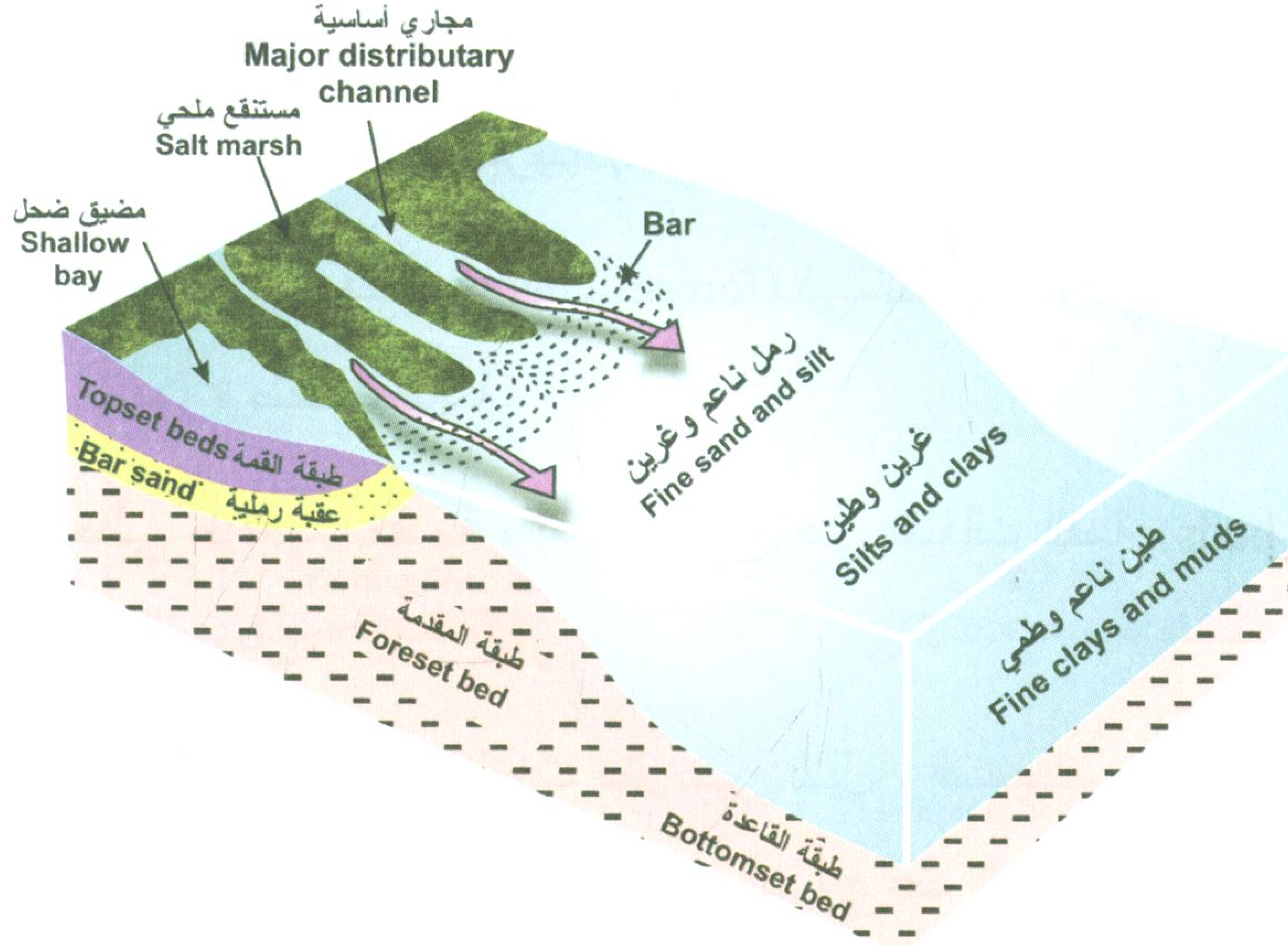
٦- قد لا تتكون دلتاوات نتيجة عدم توافر حمولة رسوبية، مثل نهر سانت لورانس.

جدول ٧-١. مقارنة بين رسوبيات الدلتا والمراوح الركامية.

رسوبيات الدلتا	والمراوح الركامية
• تترسب في وسط مائي	• تتجمع على اليابسة
• أكثر انبساطًا	• أقل انبساطًا
• لا ترتفع فوق منسوب المحيطات	• ترتفع فوق منسوب المحيطات
• قليلة الانحدار	• شديدة الانحدار

المراوح الركامية (Alluvial Fans)

١- تتكون عند مغادرة مجرى مائي ضيق، ذو انحدار شديد، بمنطقة جبلية إلى حوض أو سهل عريض (شكل ٧-١٢).

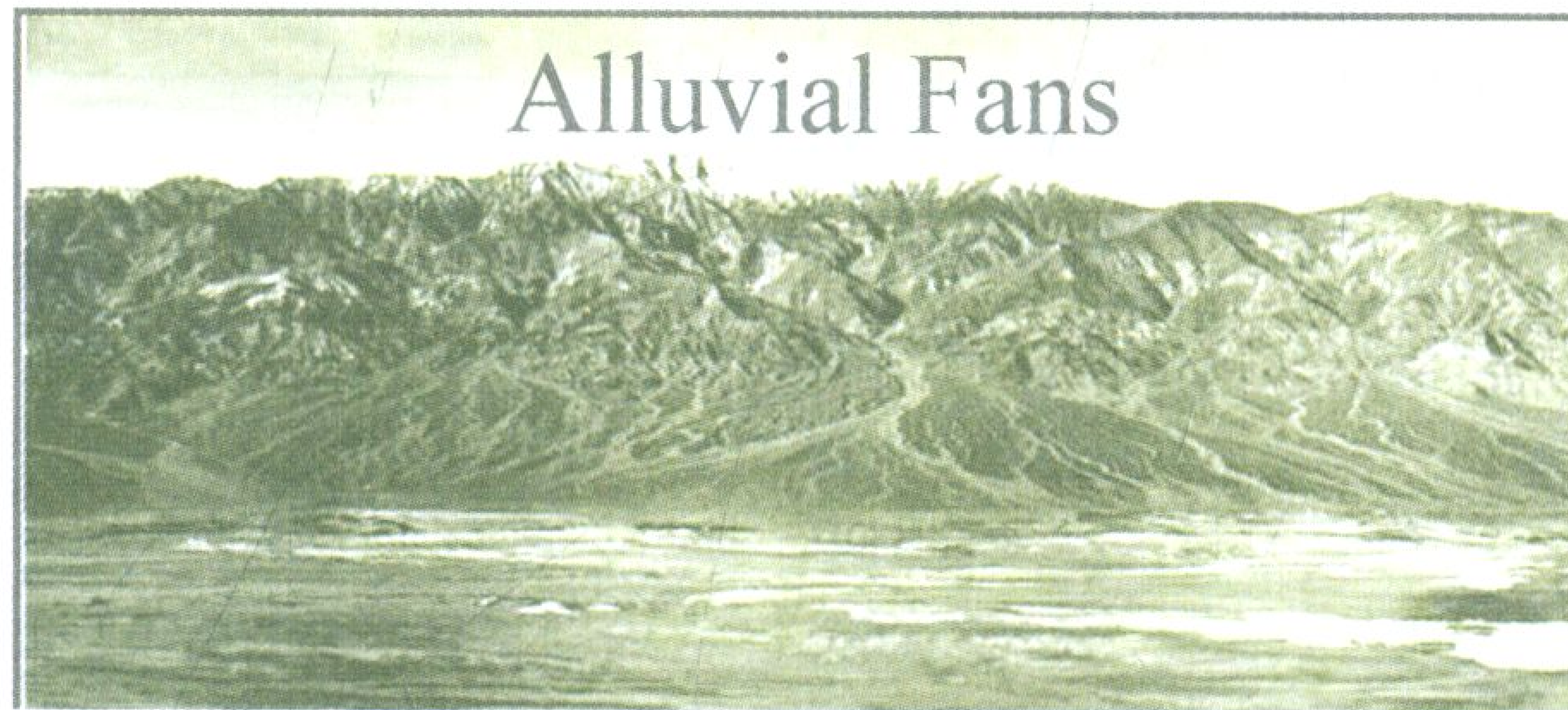


شكل ٧-١١. مكونات الدلتا الرئيسة.

٢- تتكون المراوح كرد فعل للتغير المفاجئ في الانحدار، المتزامن مع التغير في حجم القناة الضيقة، في المنطقة الجبلية إلى المجرى المفتوح، فوق منحدر سهل.

٣- يسبب النقص المفاجئ في سرعة المجرى، إلى تراكم الرسوبيات على شكل مروحة (شكل ٧-١٢).

٤- تتراكم الرسوبيات الكبيرة الحجم عند قمة المروحة، والأقل حجمًا عند القاعدة.



شكل ٧-١٢. المراوح الركامية.

أحواض الصرف المائي (Drainage Patterns)

١- نظام الصرف الشجري (Dendritic Pattern)

هو أكثر النظم انتشارًا، وهو يشبه فروع الشجر، ويميز المناطق المتجانسة في تركيبها الصخري (شكل ١٣أ).

٢- نظام الصرف المتعامد (Rectangular Pattern)

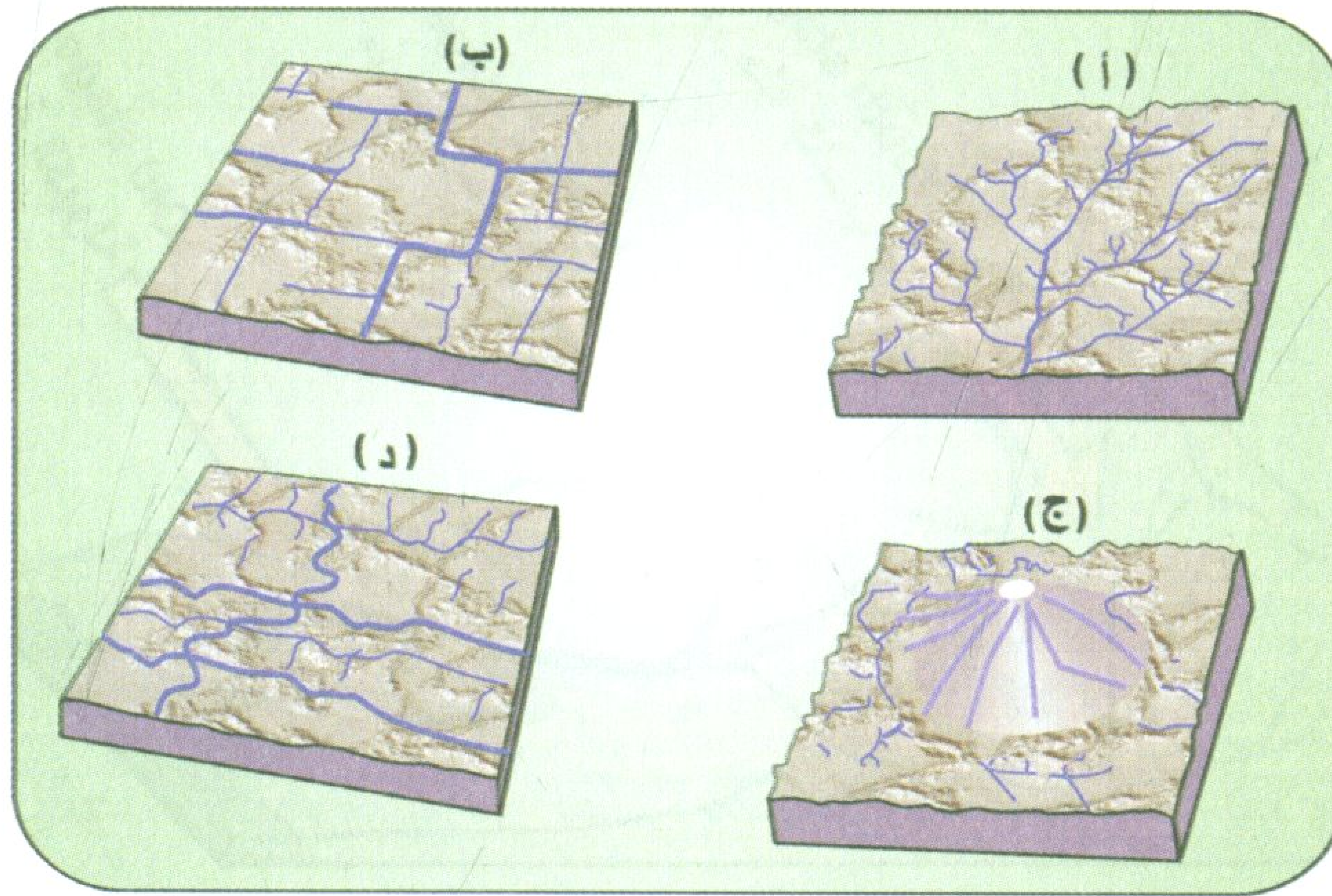
وهو يميز المناطق المتقطعة بالصدوع والفواصل، ونلاحظ به العديد من الزوايا القائمة (شكل ١٣ب).

٣- نظام الصرف الشعاعي (Radial Pattern)

يتكون في مناطق مخروطات البراكين المنعزلة، وتراكيب القباب المرتفعة (شكل ١٣ج).

٤- نظام الصرف التعريشي (Trellis Pattern)

هو نظام صرف متعامد، تكون فيه الروافد متوازية تقريبا مع بعضها، ويتكون في المناطق التي بها طبقات صلبة، بينها طبقات ذات مقاومة أقل (شكل ١٣د).



شكل ٧-١٣. نظم الصرف، (أ) نظام الصرف الشجري، (ب) نظام الصرف المتعامد، (ج) نظام الصرف الشعاعي، (د) نظام الصرف التعريشي.

مراحل تكوين مجرى النهر (Stages of River Stream Formation)

(أ) مرحلة الشباب (Youth Stage)

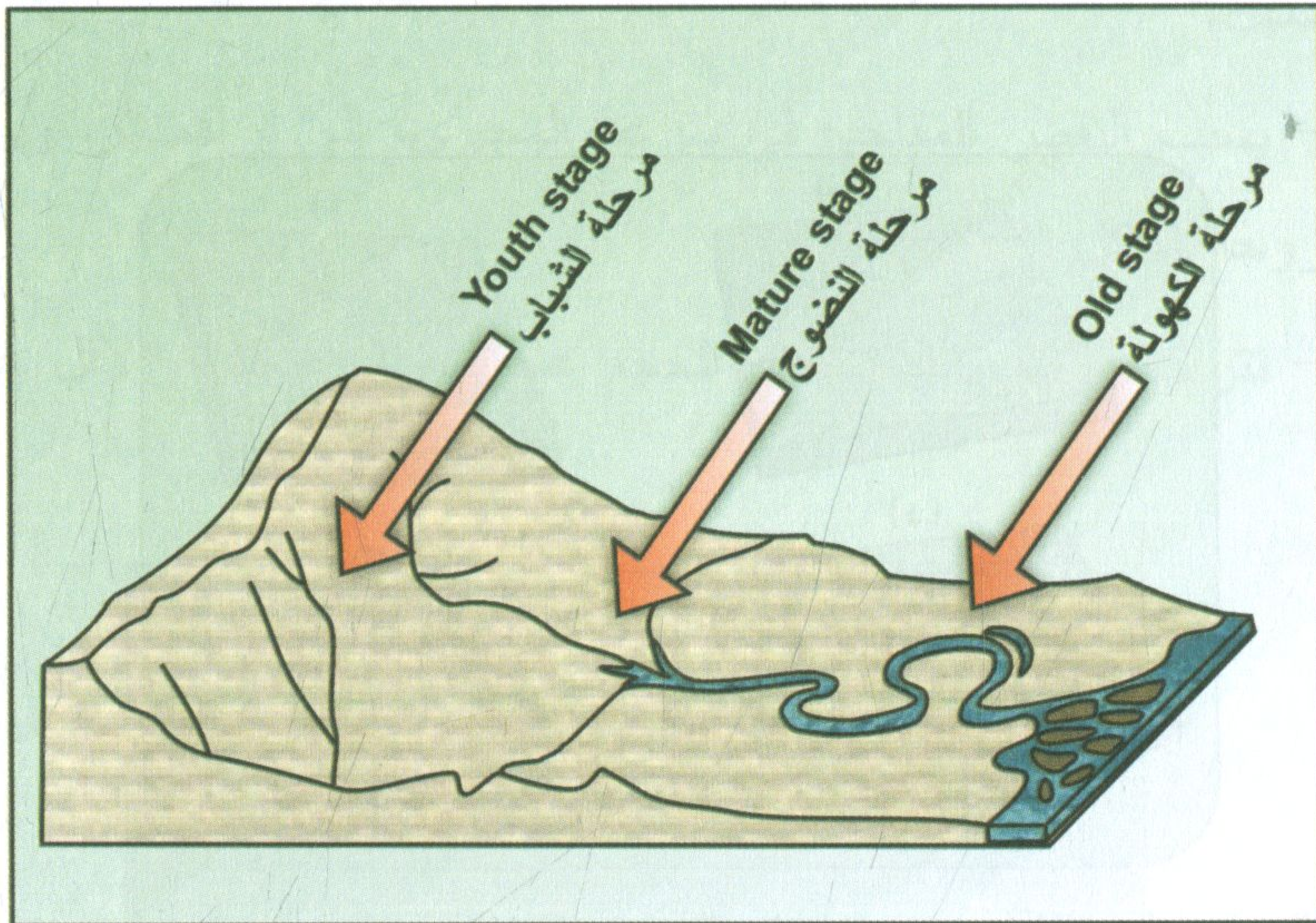
١- يكون المجرى شديد الانحدار، والتيار سريعًا لاندفاع الماء بقوة من الروافد العديدة (شكل ٧-١٤).

٢- يكون مجرى النهر عميقًا وضيقًا، لأن قدرة النهر على النحر أكبر من قدرته على الترسيب.

٣- يكون شكل مجرى النهر على حرف V.

٤- تكثر المواد التي يحملها النهر (شحنة النهر)، سواء كانت ذائبة، أو معلقة، أو محمولة، وهي تساعد على تعميق المجرى، ويساعدها في ذلك سرعة التيار.

٥- كثرة وجود الشلالات، ومساقط المياه، والحفر الوعائية.



شكل ٧-١٤. مراحل تكوين مجرى النهر.

(ب) مرحلة النضوج (Mature Stage)

١- يقل انحدار المجرى وبالتالي سرعة تياره.

٢- تقل سرعة النحت الرأسي نتيجة لقلة سرعة التيار، وتبدأ عمليات النحت الجانبي، ويكون نتيجة ذلك توسيع مجرى النهر، وتبدأ عملية الترسيب ويصبح النهر متكافئا، أي متوازنا في النحت والترسيب.

٣- تتكون الوديان الرئيسة للنهر في هذه المرحلة (شكل ٧-١٤).

٤- يميز هذه المرحلة ظاهرة " الأسر النهري river capture" حيث يسرق النهر أحد روافد نهر آخر، اذا تمكن أحد روافده من تعميق مجراه حتى تصب فيه مياه النهر الآخر.

(ج) مرحلة الكهولة (Old Age Stage)

١- تتميز بقلة انحدار المجرى وضعف التيار المائي.

٢- قلة وانعدام فاعلية النحت الرأسي وفاعلية الترسيب النهري.

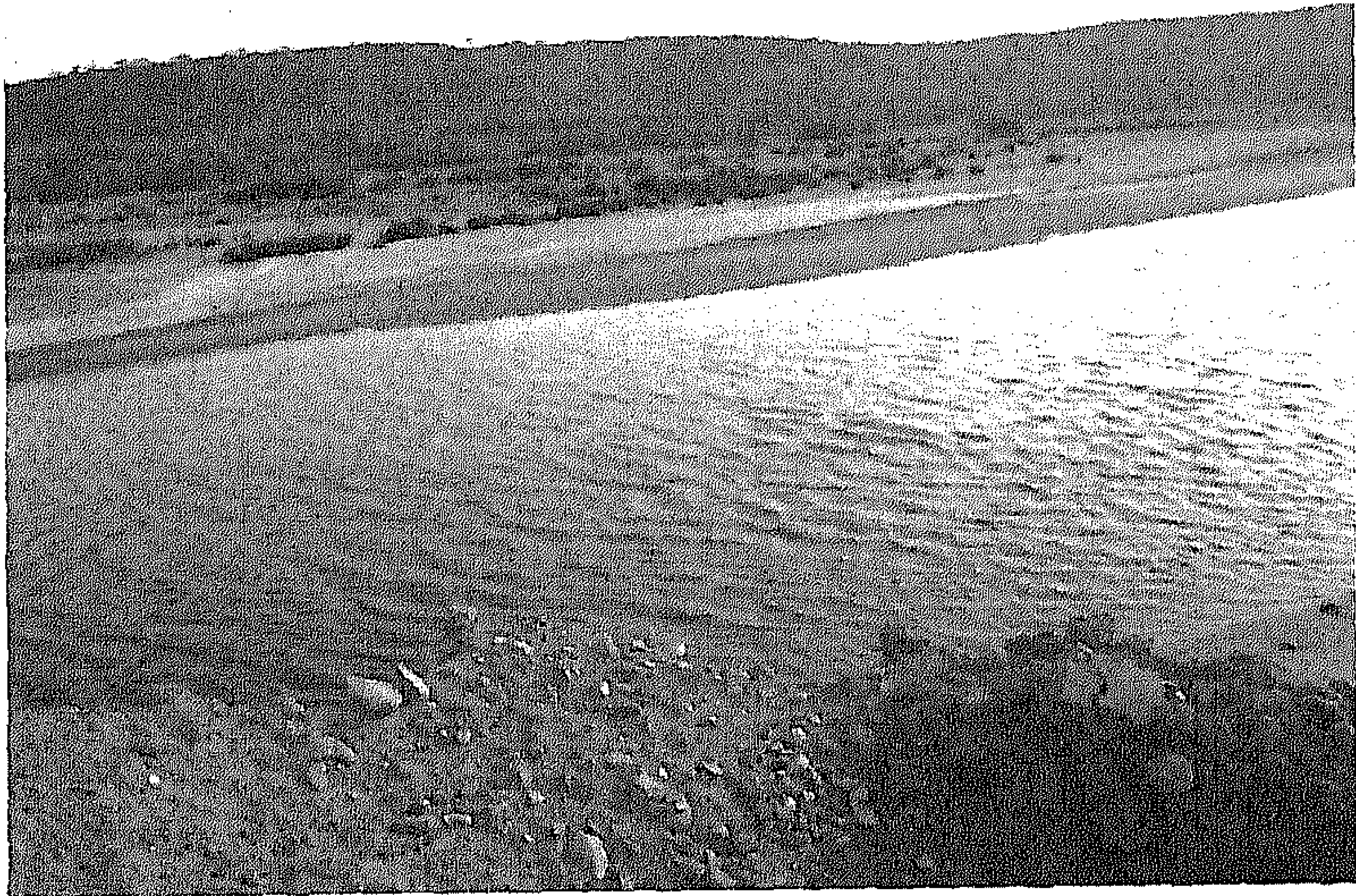
٣- يتسع النهر بدرجة كبيرة لتكوين سهول الفيضان(flood plains) على جانبي النهر.

٤- وجود المنعطفات النهرية، والمدرجات النهرية، والدلتاوات (شكل ٧-١٤).

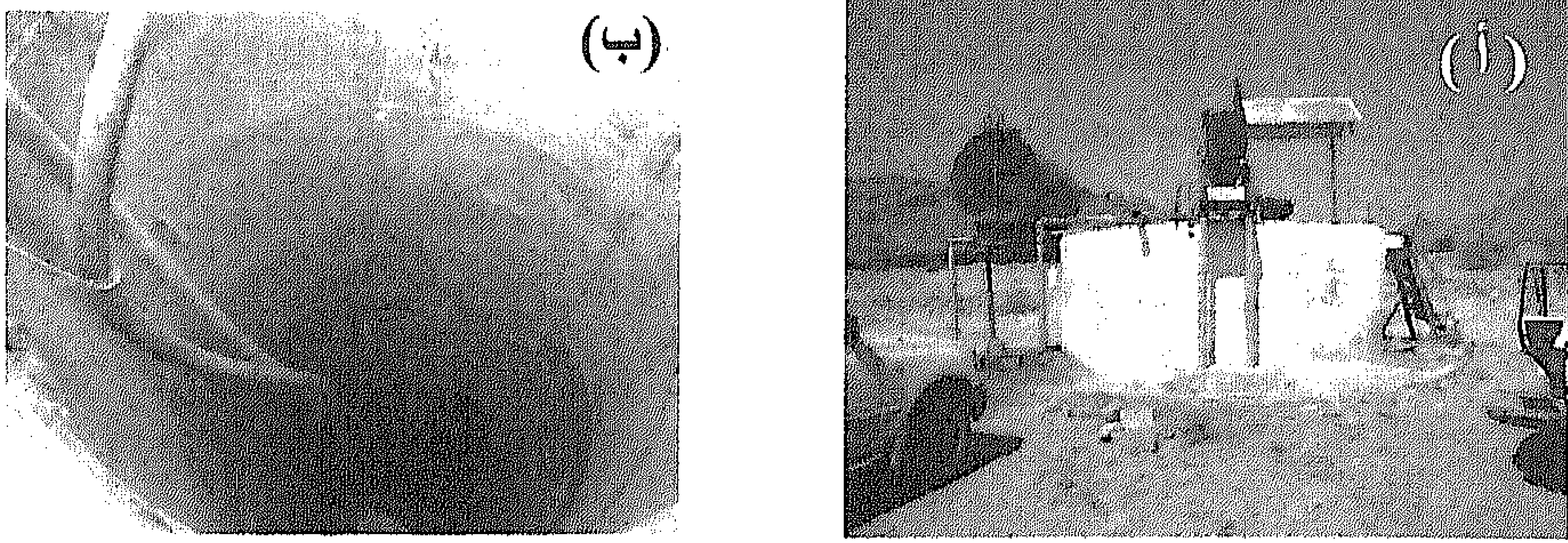
المياه الجوفية أو الباطنية (Underground Water)

المياه الجوفية هي المياه التي تجمعت في باطن الأرض منذ العصور الجيولوجية القديمة، توجد في أعماق لا تزيد عن بضع مئات من الأمتار من سطح الأرض. توجد هذه المياه في صخور لها مسامية ونفاذية عالية تعرف بالصخور الخازنة (reservoir rocks). ينقب عنها الجيولوجيون لاستعمالها في الزراعة أو الصناعة والأغراض الأخرى.

يقول العلماء إن شبه جزيرة العرب كانت أكثر مطرًا مما هي عليه الآن. وقد اختزنت الصخور المسامية (الرملية والجيرية) كميات ضخمة من المياه، لوقوع طبقة غير مسامية من الصخور تحتها. بعض المياه التي تتسرب تبقى داخل طبقة التربة الضحلة، حيث يمكن أن تصبح مجرًى مائيًا من خلال التسرب إلى داخل حوض المجرى (شكل ٧-١٥). ويمكن أن يتسرب بعض من هذه المياه، إلى مسافات أعمق، لتغذية مستودعات المياه الجوفية. وإذا كانت هذه المستودعات المائية ضحلة أو مسامية بما فيه الكفاية لتسمح للماء بالتحرك بسهولة من خلالها، فإنه يمكن للناس حفر الآبار داخل المستودعات المائية الأرضية، واستخدام الماء في أغراضهم الخاصة (شكل ٧-١٦). ويمكن أن تنتقل المياه إلى مسافات طويلة، أو البقاء في مستودع المياه الجوفية لفترات طويلة من الزمن، قبل أن تعود إلى سطح الأرض، أو تتسرب إلى داخل الأجسام المائية الأخرى، مثل المجاري المائية والمحيطات.



شكل ٧-١٥. تجمع مياه الأمطار داخل التربة الضحلة، وتكوّن مجرى مائي بوادي حلى (Wadi Hali)، المملكة العربية السعودية.



شكل ٧-١٦. بئر ماء جوفي بمنطقة (أ) وادي شواص (Wadi Shwas)، (ب) وادي قانونة (Wadi Qanuna)، المملكة العربية السعودية.

المسامية (Porosity)

تعرف المسامية بأنها نسبة حجم الفراغات الموجودة بين حبيبات الصخر إلى حجم الصخر الكلي. مسامية الصخور الرسوبية الفتاتية عالية، بعكس مسامية الصخور المتبلورة، مثل الصخور النارية التي تكون منخفضة إلى معدومة.

النفاذية (Permeability)

هي قدرة الصخر على إمرار الماء بين حبيباته. على سبيل المثال الطين صخر مسامي لكنه غير منفذ للماء، وذلك لأن حبيباته دقيقة، ومسامه ضعيفة، مما يجعل الماء ملتصقاً بسطح حبيباته بواسطة خاصية التوتر السطحي، بينما الحجر الرملي صخر مسامي منفذ، وذلك لأن مسامه واسعة وحجم حبيباته كبير.

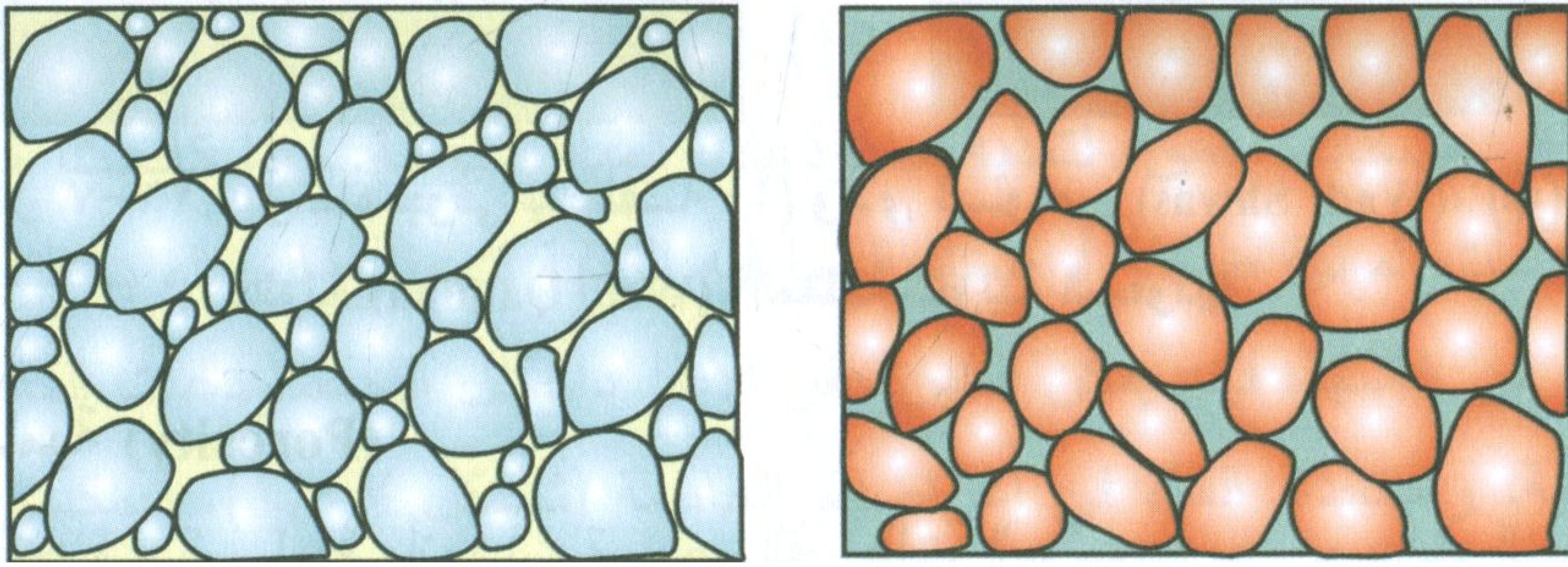
العوامل المؤثرة في المسامية والنفاذية
(Factors that Control Porosity and Permeability)

١- درجة الفرز(Sorting)

تقارب أحجام الحبيبات يسمح بوجود مسام بينها (شكل ٧-١٧أ)، بينما اختلاف حجم الحبيبات يساعد على ملئ الفراغات بين الحبيبات عن طريق حبيبات أقل في الحجم، مما يقلل المسام بالصخر (شكل ٧-١٧ب).

٢- شكل واستدارة الحبيبات المكونة للصخر (Shape and Roundness)

استدارة حبيبات الصخر تسمح بوجود مسام بينها، بينما الحبيبات حادة الزوايا، أو ضعيفة الاستدارة، تعمل على تقليل المسام بالصخر.



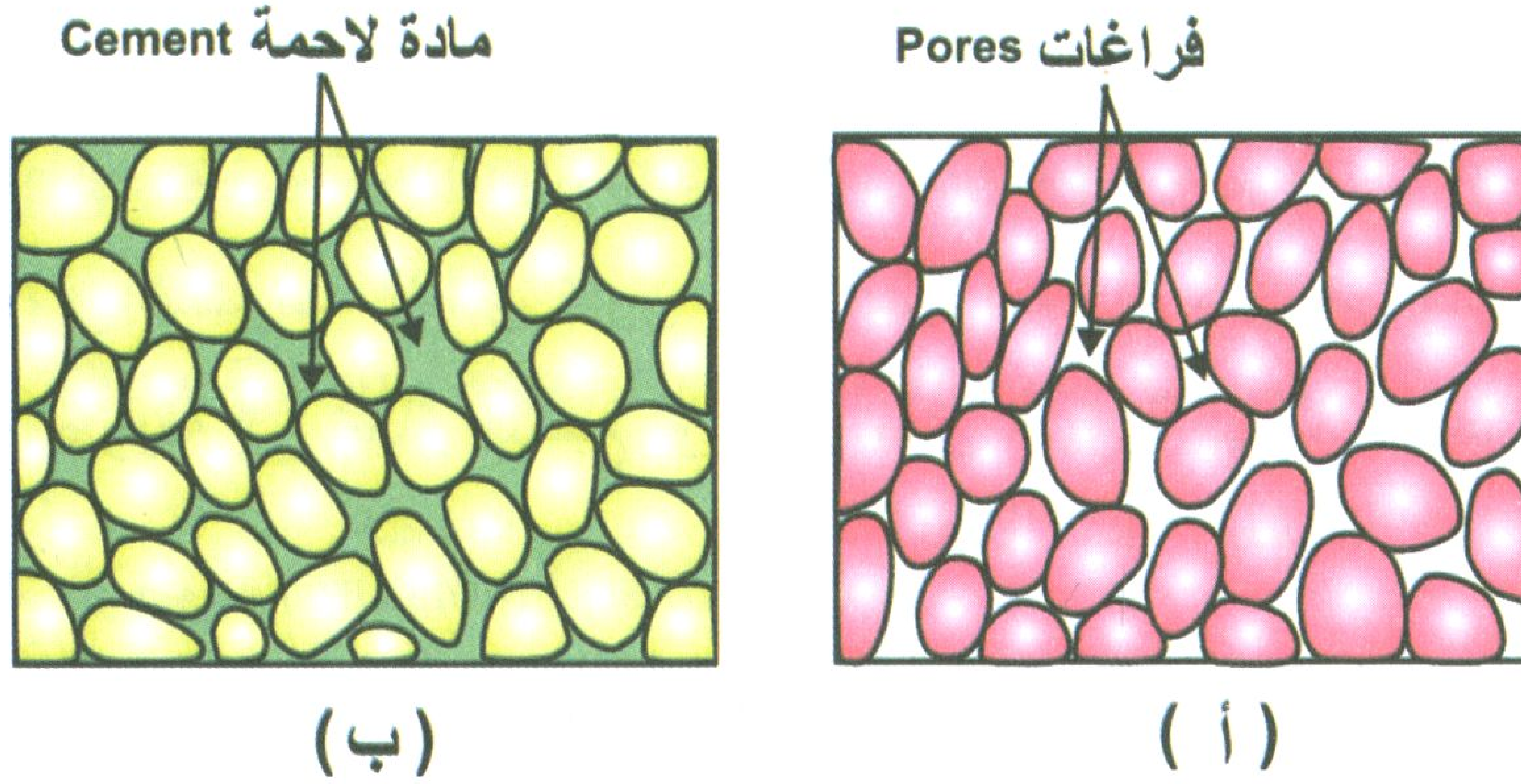
شكل ٧-١٧. (أ) فرز جيد يسمح بوجود مسام بين الحبيبات، (ب) فرز ضعيف يعمل على تقليل المسام بين الحبيبات.

٣- طريقة ترتيب أو رص الحبيبات (Packing)

قد تتعرض حبيبات الصخر للضغط بعد عملية الترسيب، مما يقلل الفراغات بينها، وبالتالي تقل المسامية، وعلى ذلك فإن الصخور المتماسكة والمتلاصقة نتيجة الضغط عليها لها مسام ضعيفة، بعكس الصخور المفككة ذات المسامية العالية.

٤- مقدار تلاحم حبيبات الصخر (Degree of Cementation)

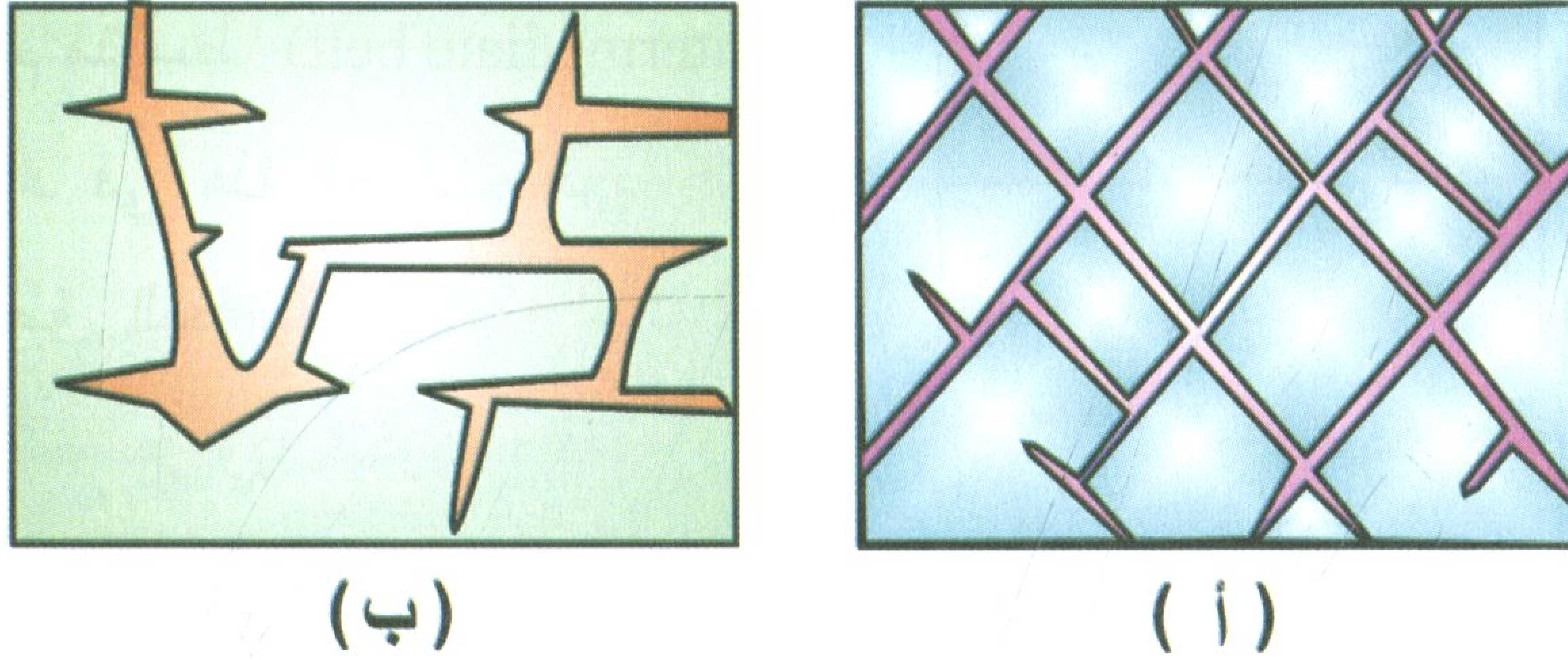
إذا تماسكت حبيبات الصخر بمادة لاحمة مثل كربونات الكالسيوم، أو أكاسيد الحديد، أو السيليكا، فإن هذه المواد تسبب سد المسام، ويصبح الصخر متماسكًا (شكل ٧-١٨).



شكل ٧-١٨. (أ) حبيبات ليست بينها مادة لاحمة وبالتالي بها فراغات، (ب) حبيبات متلاصقة بمادة لاحمة مما يقلل الفراغ بينها.

(٥) وجود الكسور والفواصل (Fractures and Joints)

يؤدي وجود كسور وفواصل بالصخر إلى زيادة مساميته ونفاذيته، مما يسمح بتسرب الماء من خلال هذه الكسور، والفواصل، والصدوع (شكل ٧-١٩).



شكل ٧-١٩. (أ) فواصل متعامدة، (ب) كسور وشقوق. تساعد هذه الفواصل والكسور والشقوق على زيادة مسامية الصخر ونفاذيته.

نطاق الماء الجوفي (Zones of Underground Water)

يختلف العمق الذي يوجد عليه الماء الجوفي، يمكن تمييز نطاقين أساسيين (شكل ٧-٢٠):

(أ) النطاق العلوي ويسمى نطاق التهوية (Zone of Aeration)

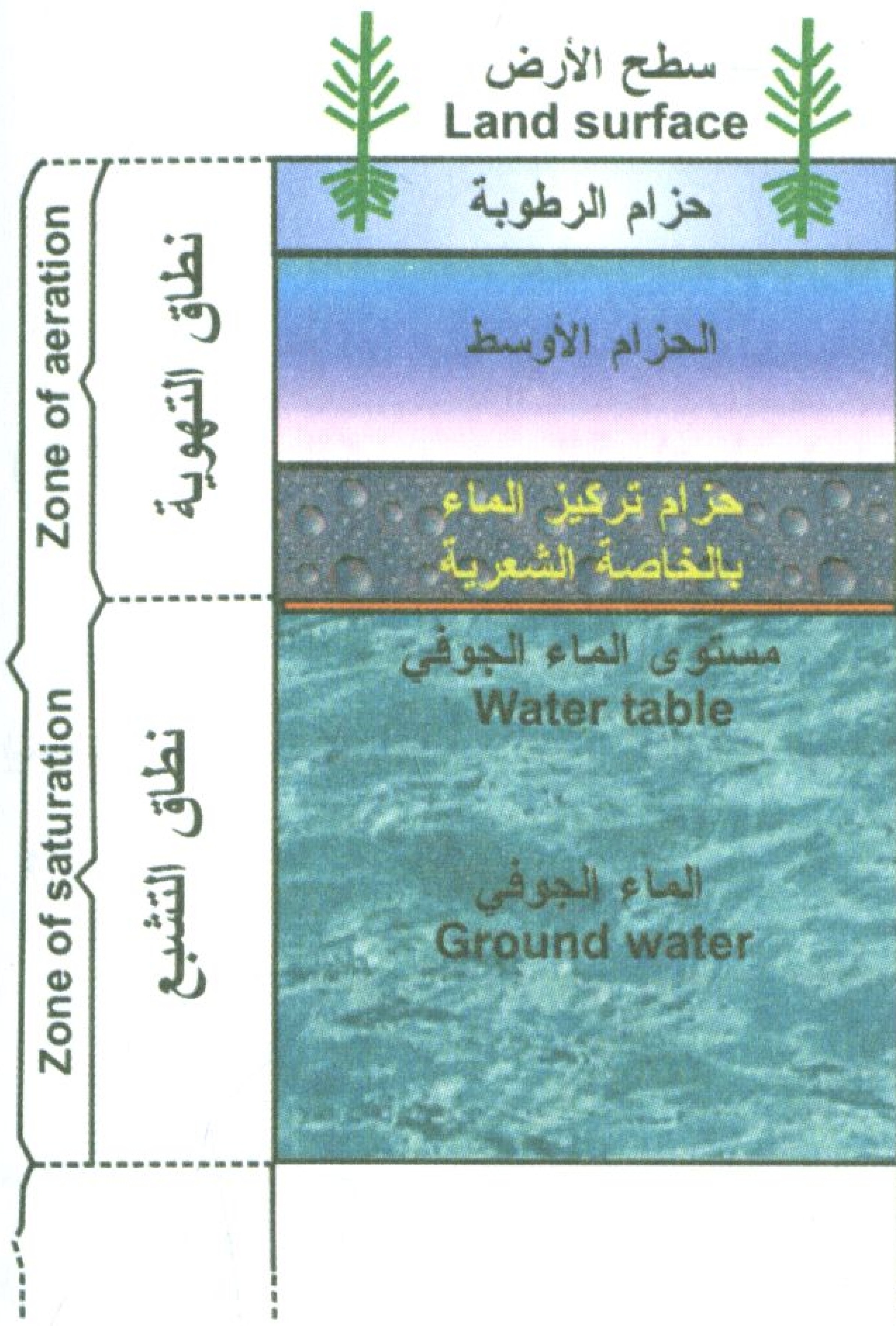
أو نطاق عدم التشبع (zone of unsaturation) (شكل ٧-٢٠)، حيث إن مسامات وفراغات هذا النطاق تكون مملوءة بالهواء، وإن كان يمر منها الماء هابطًا في طريقه إلى نطاق التشبع. وينقسم نطاق التهوية إلى ثلاثة أحزمة:

١- حزام الرطوبة (belt of soil moisture)

يكون هذا الحزام دائم الرطوبة نتيجة لتبلله بمياه الأمطار، ولا يوجد هذا الحزام عادة في المناطق المناخية الجافة (الصحراوية) أو شبه الجافة، ويظهر أحيانا في صورة موسمية في المناطق التي تتعرض لفترات موسمية بين الأمطار والجفاف.

٢- حزام متوسط (intermediate belt)

تزداد في هذا الحزام رطوبة التربة في المناطق المناخية الرطبة، أما في المناطق الصحراوية فتكون جافة.



شكل ٧-٢٠. نطاق وجود الماء الجوفي.

٣- حزام تركيز الماء المتصاعد نتيجة الخاصة الشعرية (capillary fringe).

يكون هذا الحزام فوق مستوى الماء الجوفي (water table) مباشرة.

(ب) نطاق التشبع (Zone of Saturation)

هو المنطقة الموجود بها الماء الجوفي، والذي يملأ تمامًا الفراغات في الصخور المنفذة طوال العام (شكل ٧-٢٠).

أنواع مكامن المياه الجوفية (Types of Groundwater Reservoirs)

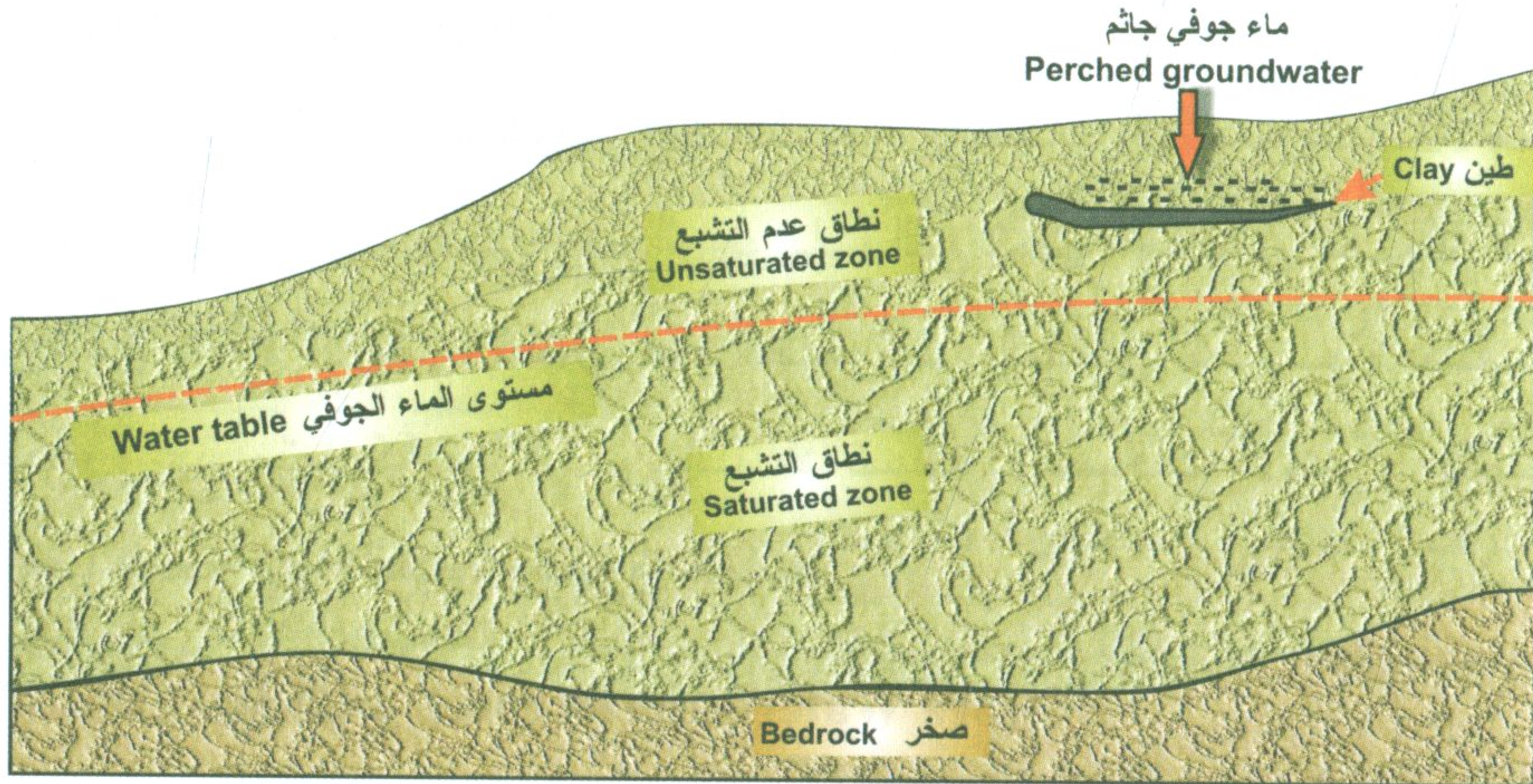
هناك أربعة أنواع أساسية من مكامن المياه الجوفية في الطبيعة وهي:

١- مكامن المياه الجوفية الحرة (Free Groundwater Reservoirs)

تنتشر في المناطق ذات الأمطار الغزيرة، أو المناطق التي تصل المياه الجوفية إليها بواسطة الأنهار وخلافه. تكون معظم صخورها التي بين حزام التشبع الدائم وسطح الأرض ذات نفاذية عالية.

٢- مكامن المياه الجوفية الجاثمة (Perched Groundwater Reservoirs)

تتكون في نطاق التهوية في مستوى أعلى من مستوى الماء الجوفي، عند وجود رسوبيات غير منفذة في هذا النطاق (شكل ٧-٢١).



شكل ٧-٢١. مخطط يوضح مكامن المياه الجوفية الجاثمة ووجودها بنطاق عدم التشبع.

٣- مكامن المياه الجوفية المحصورة
(Confined Groundwater Reservoirs)

هي مكامن تتكون في طبقات نفاذة محصورة من أعلاها وأسفلها بطبقات غير نفاذة. تتسرب مياه هذه المكامن فقط من المناطق التي تتكشف فيها الطبقة النفاذة المشبعة بالماء فوق سطح الأرض.

٤- مكامن المياه الحفرية (Fossil Groundwater Reservoirs)

تقع هذه المكامن عادة عند أعماق كبيرة (بضع مئات من الأمتار). تراكمت المياه المخزونة في هذه المكامن في الماضي الجيولوجي، تحت ظروف مختلفة عن الظروف الحالية. هذه المكامن غير متجددة المياه، وتستهلك تمامًا مع طول الاستخدام.

المشاكل المصاحبة لسحب المياه الجوفية
(Troubles with Groundwater Sucking)

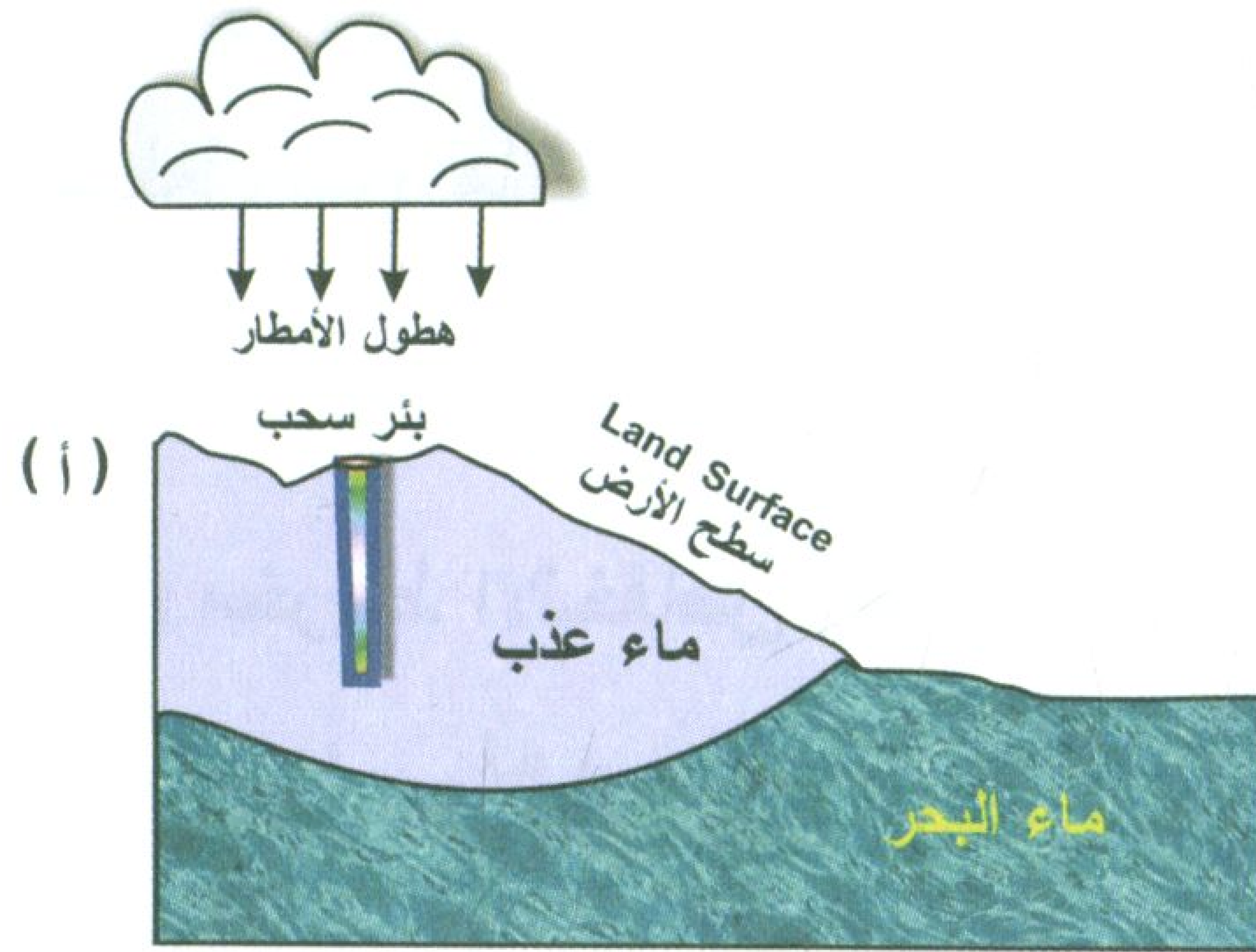
(١) الانخساف (Subsidence)

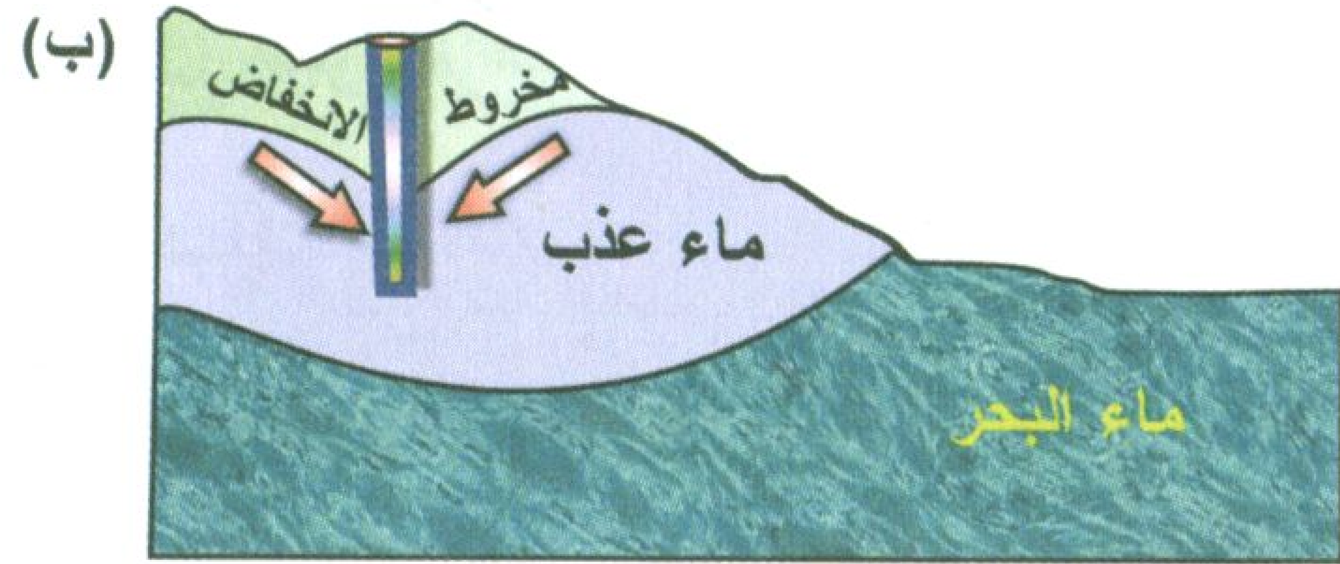
عند سحب المياه الجوفية يقل ضغط الماء بالطبقات المشبعة بالمياه مما يدفع وزن الطبقات العليا إلى ردم الرسوبيات التي تحتها، وبالتالي هبوط هذا الجزء من سطح الأرض. تنتشر هذه الظاهرة في المناطق المتميزة بطبقات سميكة، وغير متماسكة من الرسوبيات. قد تسبب الانخسافات الأضرار بالمباني وأنابيب المجاري، والمياه، والطرق العامة.

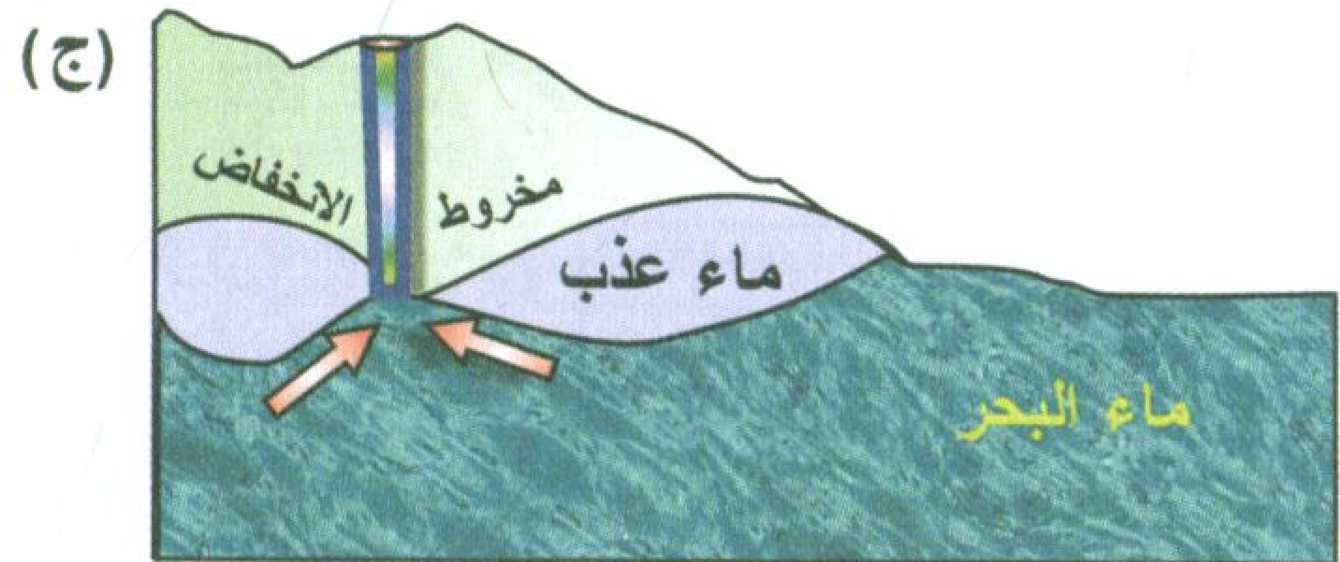
(٢) تداخل مياه البحر (Sea Water Interference)

في المناطق القريبة من البحر، نجد أن خزانات المياه الجوفية تحتوي على مياه عذبه تطفو فوق المياه المالحة، ويرجع ذلك إلى فرق الكثافة بينهما، حيث تكون المياه العذبة أقل كثافة. هبوط مستوى الماء العذب نتيجة زيادة سحب

المياه العذبة، يعمل على ارتفاع قاعدته مما يسبب ارتفاع مستوى الماء المالح إلى أن يدخل داخل البئر نفسه، مفسدًا محتواه من الماء العذب (شكل ٧-٢٢).







شكل ٧-٢٢. مخطط توضيحي يبين كيفية تداخل مياه البحر. (أ) مرحلة مبكرة من سحب الماء العذب، (ب) نشأة مخروط الانخفاض لمنسوب الماء العذب مع استمرار عملية السحب، (ج) تداخل ماء البحر مع استمرار سحب الماء العذب.

(٣) تلوث المياه الجوفية

(Pollution of Groundwater)

عند هطول الأمطار، يعمل الماء المتسرب على إذابة المواد العضوية وغير العضوية الموجودة في مواقع تفريغ النفايات، ويحمل معه هذه المخلفات الضارة إلى أسفل، حتى مصادر المياه الجوفية، مما يعمل على تلوثها. ومن مصادر التلوث الأخرى هو عدم وجود صرف صحي جيد، حيث تمثل خزانات الصرف الصحي مصدرًا لتلوث المياه الجوفية. في حالة الطبقات ذات النفاذية العالية، فإن المياه الملوثة تمر من خلالها دون تنقية، حيث يتخللها الماء بسرعة، ويختلط مع المياه الجوفية. أما الطبقات المكونة من الرمال، والصخور الرملية، تمر خلالها المياه ببطء بين فراغات حبيبات الرمل، مما يسمح بتطهيرها. ومن الأمثلة الأخرى لتلوث المياه

الجوفية، هو عند تراكم القمامة وبقايا الطعام، وبقايا أخرى التي تشكل سموما تتغلغل بدورها مع مياه الأمطار، إلى جوف الأرض، وتلوث المياه الجوفية، وهكذا فإننا نحصل على مياه ملوثة بدلا من المياه النقية.

(٤) مخروط الانخفاض (Cone of Depression)

ينشأ مخروط الانخفاض من جراء زيادة معدلات سحب المياه الجوفية، عن معدلات إعادة التشبع (recharge). يؤدي ذلك إلى انخفاض مستوى الماء الجوفي حول أنبوب السحب، ويظهر على شكل مخروط رأسه إلى أسفل (شكل ٧-٢٢ب).

الينابيع (Springs)

الينابيع هي الأماكن التي تظهر فيها المياه الجوفية على سطح الأرض بصورة طبيعية. تنقسم الينابيع من حيث وجودها إلى ثلاثة أنواع:

(١) الينابيع الطبوغرافية (Topographic Springs)

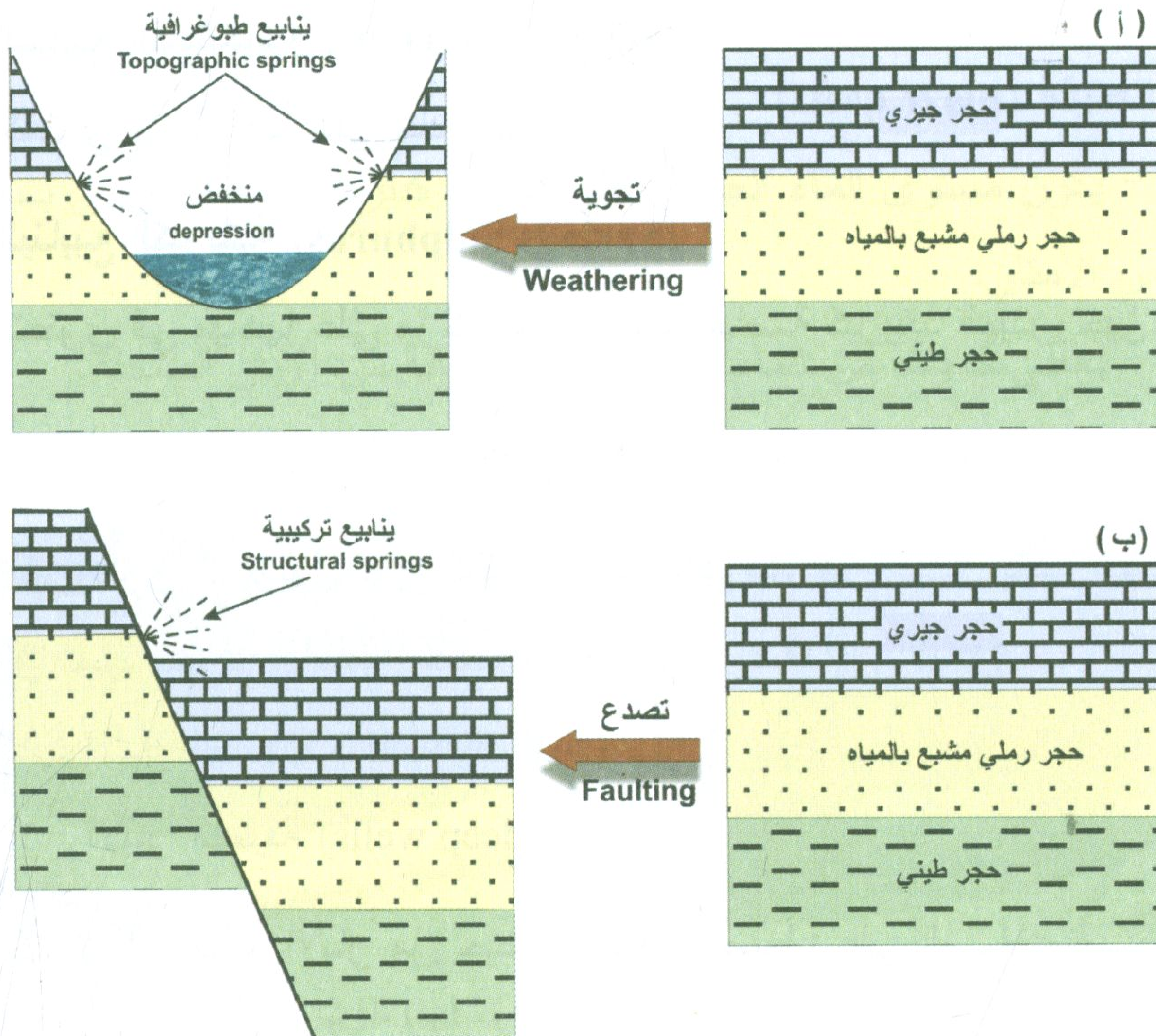
تنشأ الينابيع الطبوغرافية عندما يصل مستوى الماء الجوفي في منطقة ما إلى سطح الأرض، وهذا يحدث في المناطق المنخفضة طبوغرافيا (شكل ٧-٢٣أ)، مثل الواحات التي توجد في الصحراء الغربية المصرية.

(٢) الينابيع التركيبية (Structural Springs)

تنشأ الينابيع التركيبية عندما يؤدي التركيب الجيولوجي لمنطقة معينة إلى اعتراض صخور غير منفذة لطريق المياه الجوفية، التي تتحرك في صخور منفذة ومن أمثلتها ينابيع القواطع، وينابيع الصدوع (شكل ٧-٢٣ب).

(٣) الينابيع الطبقية (Stratigraphic Springs)

تنشأ الينابيع الطبقية عندما يعترض المياه الجوفية طبقة غير منفذة من الطين، تبرز عند سطح الأرض. تساعد التضاريس على انكشاف الطبقة غير المنفذة في منطقة منخفضة لكي يظهر الينبوع.



شكل ٧-٢٣. (أ) الينابيع الطبوغرافية، (ب) ينابيع تركيبية.

يمكن أن يكون الينبوع مزيجًا من أكثر من نوع من الأنواع السابقة. كما يمكن تصنيف الينابيع حسب الأملاح الذائبة في مياهها إلى:

١- الينابيع المالحة (Saline Springs)

يكثر في مياهها أملاح الصوديوم والبوتاسيوم والماغنسيوم.

٢-الينابيع الكلسية (Calcareous Springs)

يكثر في مياهها كربونات الكالسيوم.

٣- الينابيع الحديدية (Ferruginous Springs)

يكثر في مياهها مركبات الحديد.

٤- الينابيع السيليكاتية (Siliceous Springs)

تحتوي في مياهها على مادة السيليكا.

٥- الينابيع الكبريتية (Springs Sulphurus)

تحتوي في مياهها على مركبات الكبريت، خاصة كبريتيد الهيدروجين.

الآبار (Wells)

أكثر طرق الحصول على المياه الجوفية شيوعًا، هي حفر بئر يخترق مستوى الماء الجوفي، ويمكن تقسيم الآبار حسب عمقها إلى نوعين:

١- الآبار الضحلة (shallow wells)

٢- الآبار العميقة (deep wells)

كما يمكن تقسيم الآبار من حيث طريقة الحصول على الماء منها إلى نوعين:

١- الآبار التي ينطلق منها الماء، ويتدفق تلقائيًا، وهي الآبار الارتوازية.

٢- الآبار التي لا ينطلق منها الماء، ويجب استعمال وسائل مختلفة للحصول على الماء منها.

الآبار الضحلة (Shallow Wells)

١- لا يزيد عمق هذه الآبار عن ٣٠ مترًا (شكل ٧-٢٤أ).

٢- كمية الماء التي يمكن الحصول عليها من هذه الآبار محدودة.

٣- تستمد مياها من المستويات العليا لحزام التشبع.

٤- يبطن الجزء العلوي من البئر بمادة غير نفادة، حتى لا يتسرب الماء السطحي غير النقي لها ويلوث البئر.

٥- يوجد احتمال لتلوث الماء بالآبار الضحلة، بواسطة مياه الصرف الصحي، أو مياه الصرف الزراعي (شكل ٧-٢٤ب).

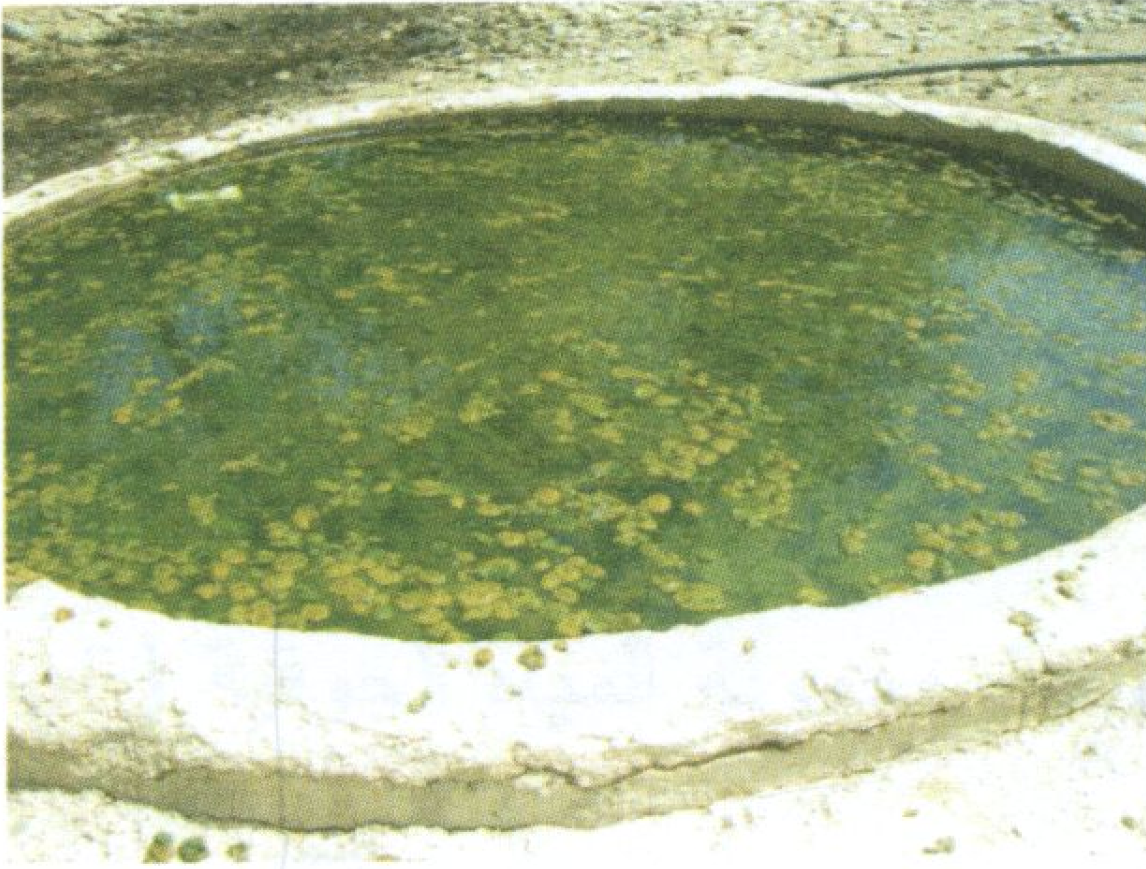
الآبار العميقة (Deep Wells)

١- يكون مستوى الماء الجوفي على أعماق كبيرة، قد يصل إلى بضع مئات من الأمتار.

٢- يعطي كميات من الماء أضخم وأكثر نظافة من الآبار الضحلة.

٣- احتمال تلوث مياه هذه الآبار قليل جدًا لعمقها الكبير.





شكل ٧-٢٤. بئر ضحل بوادي الأحسبة (Ahsabah)، (ب) تلوث مياه بئر ضحل بواسطة مياه الصرف الزراعي بوادي يبّا (Yiba)، المملكة العربية السعودية.

الآبار الارتوازية (Artesian Wells)

يرجع اسمها إلى مقاطعة أرتيز (Artais) بفرنسا، حيث حفرت أول بئر ارتوازية في القرن الثامن عشر. هي آبار تدق في الأرض بحيث تخترق مكامن المياه الجوفية. لها وضع تركيبي خاص يجعل الماء يرتفع في البئر إلى أعلى، ويفيض فوق سطح الأرض.

الشروط العامة اللازمة لتكوين بئر ارتوازي

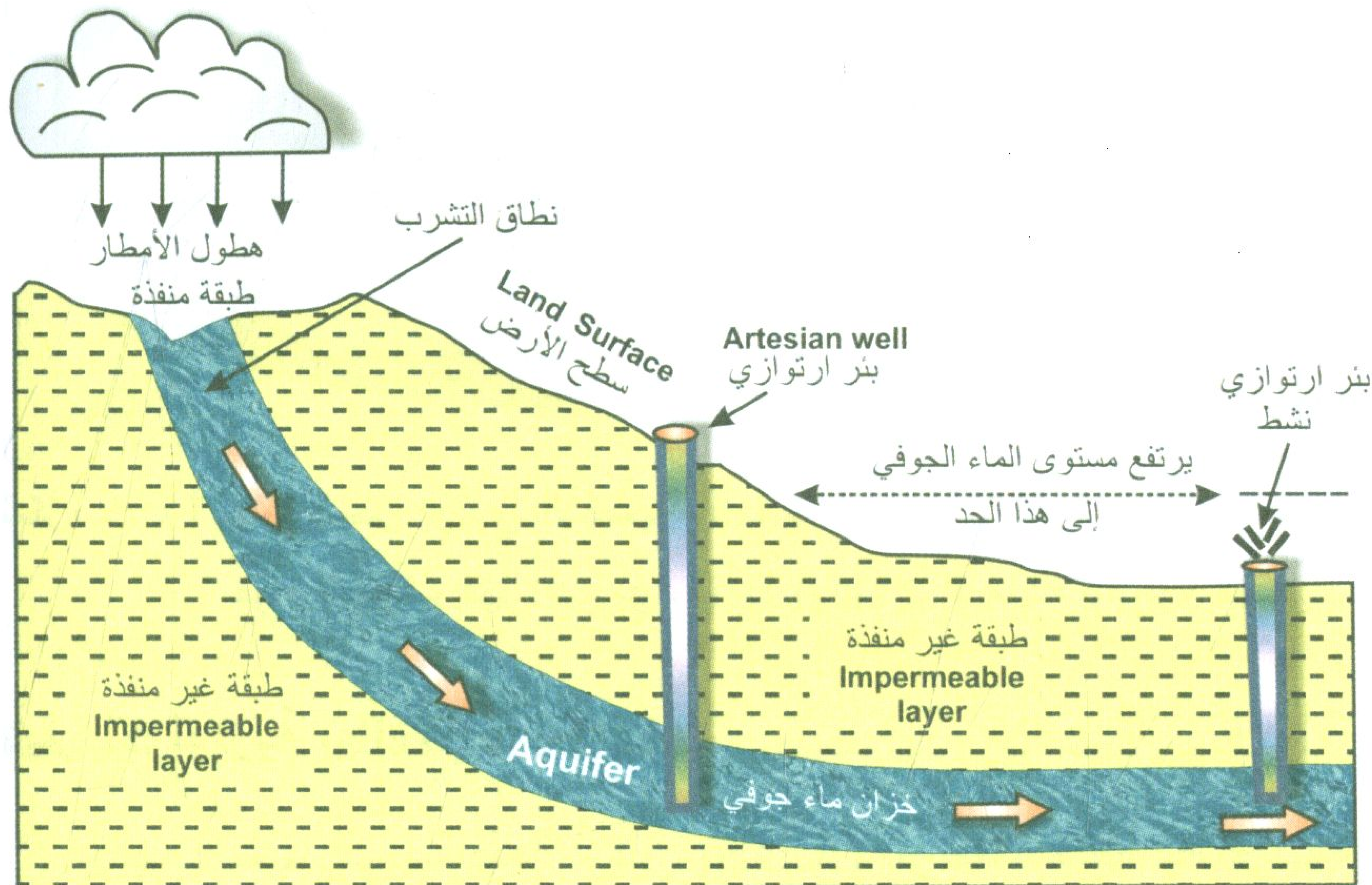
(General Terms for Artesian Well Formation)

١- وجود طبقة خازنة للمياه الأرضية محاطة من أعلى، ومن أسفل بطبقات غير منفذة (شكل ٧-٢٥).

٢- ظهور جزء من الطبقة الخازنة على سطح الأرض في منطقة الأمطار، في مستوى أعلى من مستوى الآبار، لكي يولّد ذلك ضغطًا رأسيًا (منطقة التشرب) (شكل ٧-٢٥).

٣- وجود أمطار كافية في منطقة التشرب، تكفي للتشبع الممكن بالماء دائمًا.

٤- عدم وجود تراكيب تؤدي إلى تسرب الماء، مثل الصدوع، والشقوق والفواصل.



شكل ٧-٢٥. خزان ماء جوفي محصور بين طبقتين غير منفذتين. ظهور جزء من الطبقة الخازنة للمياه على سطح الأرض تعمل على تولّد ضغط هيدروستاتيكي يساعد على صعود المياه تلقائيًا من خلال الآبار الارتوازية.

العمل الجيولوجي للمياه الجوفية
(Geologic Role of Groundwater)

ينحصر النشاط الجيولوجي للمياه الجوفية في الناحية الكيميائية، وذلك لاختلاطها المستمر بالمعادن والصخور، وهي تقوم أيضًا ببعض النشاط الميكانيكي كما سنبينه فيما بعد.

النشاط الكيميائي للمياه الجوفية (Chemical Activity of Groundwater)

(أ) الإذابة (Solution)

١- تذيب المياه الجوفية كثيرًا من المعادن والصخور، ولاسيما إذا كانت محتوية على ثاني أكسيد الكربون.

٢- الدليل على ذلك وجود كثير من المواد المعدنية في مياه العيون والآبار، ما لا يوجد في مياه الأمطار.

٣- تسمى المواد الذائبة في المياه الجوفية، بحمولة المياه الجوفية (load of underground water).

٤- تستمد المياه الجوفية حمولتها إما من الرواسب السطحية، كالتربة، أو من الصخور التي تحت التربة.

٥- يتضح أهمية فعل الإذابة بالمياه الجوفية، في إذابة صخور الكربونات وتحويلها إلى بيكربونات قابلة للذوبان، وتكوين الكهوف في الصخور الجيرية (راجع الباب الخامس عن تجوية الصخور الجيرية).

(ب) الإحلال (Replacement)

١- الإحلال هو ترسيب إحدى المواد المعدنية، التي تحملها المياه الجوفية محل المادة العضوية في البقايا النباتية، أو الحيوانية، أو محل بعض المواد المعدنية المكونة لصخر معين.

٢- من أكثر الأمثلة شيوعًا هو إزالة المادة الخشبية الأصلية للأشجار، ببطء، وترسيب وإحلال مادة السيليكا بدلاً منها، فتتحول هذه البقايا إلى أخشاب متحجرة (petrified wood)، إلا أن كل التفاصيل العضوية في الخشب تكون من مادة السيليكا.

٣- من أمثلة ذلك وجود الغابات المتحجرة (petrified forests) شرق القاهرة، والغابات السوداء (Schwartz Wald) بجنوب ألمانيا.

٤- قد يتم الإحلال بالسيليكا محل كربونات الكالسيوم، في محاريات وهياكل البقايا الحيوانية.

٥- قد يكون الإحلال بمادة أخرى غير السيليكا كمادة كربونات الكالسيوم، أو أكسيد الحديد، في بعض الحفريات، وتسمى هذه العملية بالتحجر (petrification).

(ج) الترسيب (Deposition)

عندما تذيب المياه الجوفية كل ما يمكنها حمله من معادن الصخور، فتصبح مشبعة، وإذا حدث أي تغير بسيط في ظروفها الفيزيائية والكيميائية، فإنها ترسب بعض حمولتها، وأهم أسباب الترسيب في المياه الجوفية هي:

١- فقدان ثاني أكسيد الكربون، وهذا يسبب ترسيب كربونات الكالسيوم/ الماغنسيوم، لأن هذه الكربونات ضعيفة الذوبان جدًا في الماء النقي.

٢- انخفاض درجة الحرارة، الذي يسبب ترسيب المركبات التي تزداد درجة ذوبانها في المياه الدافئة.

٣- التبخر الكامل، وهذا يؤدي إلى ترسيب كل المواد الموجودة في المحلول.

٤- الترسيب نتيجة التفاعل المتبادل (exchange reaction) بين محاليل تحتوي على مواد وأيونات، مما يؤدي إلى تكون رواسب عند امتزاج بعضها ببعض.

تذكر أن:

- أكثر الأماكن التي يحدث فيها الترسيب هي المسام المنتشرة بين حبيبات الصخور، حيث تكوّن المادة المترسبة مادة لاحمة (cement) بين الحبيبات.
- إذا حدث الترسيب في شقوق أو فواصل، تكوّن المواد المترسبة في هذه الحالة ما يسمى بالعروق (veins).
- قد يكون الترسيب حول نواة من معدن معين، حيث يتكون ما يسمى بالدرنات الصخرية(concretions).
- إذا كان الترسيب حول جدران فجوة صغيرة، فإن بلورات المادة المترسبة تنمو من الجدران في اتجاه مركز الفجوة، حيث تكوّن ما يسمى بالترجيل الصخري(geode).
- يحدث نوع آخر من الترسيب تحت السطحي في داخل المغارات والكهوف، حيث يكون الماء المتخلل مشبعًا ببيكربونات الكالسيوم، ويتقاطر من السقف نحو أرض الكهف، فيتبخر جزء من الماء ويتطاير بعض ما به من ثاني

أكسيد الكربون، فيؤدي ذلك إلى ترسيب جزء من كربونات الكالسيوم، مكونًا أعمدة تنمو من سقف الكهف، وتسمى بالهوابط (stalactites)، تقابلها أعمدة أخرى تنمو من أرض الكهف إلى أعلى، تسمى بالصواعد (stalagmites).

النشاط الميكانيكي للمياه الجوفية

(Mechanical Activity of Groundwater)

ليس العمل الميكانيكي للمياه الجوفية على نفس القدر، مثل عملها الكيميائي. من مظاهر العمل الميكانيكي للمياه ما يسمى بالانهيارات الأرضية (landslide or landslip)، حيث وجد أن المياه الجوفية تساعد على تسهيل فعل الجاذبية على الانحدارات، وانزلاق الصخور، وهذا التأثير يكون أكثر وضوحا في حالة الرسوبيات الطينية. مما يساعد على حدوث الانهيارات أيضًا، أن ترتكز بعض الصخور على طبقة طينية، إذ أن الطين المتشبع بالمياه الجوفية، يعمل كسطح زلق يسّهل عملية الانزلاق.

أسئلة وتدريبات

١ – اكتب المصطلح (المفهوم) العلمي الذي تدل عليه كل من العبارات الآتية:

١) حركة الماء الدائمة من المحيطات إلى الغلاف الجوي ثم ثانية إلى الأرض. ....

٢) تندفع فيه جزيئات الماء في اتجاهات مختلفة بصورة عشوائية ويحدث ذلك في القنوات الخشنة. ....

٣) كمية الماء المندفعة عند نقطة معينة من النهر خلال وقت معين. ....

٤) نسبة حجم الفراغات الموجودة بين حبيبات الصخر إلى حجم الصخر الكلي. ....

٥) قابلية الصخر على إمرار الماء بين حبيباته. ....

٢ – أكمل الآتى:

(١) يتدفق الماء الجاري بطريقتين، هما:

أ- ....

ب- ....

(٢) العوامل المتحكمة في التدفق المائي هي:

أ- ....

ب- ....

(٣) كمية التدفق =..

(٤) اذكر أربعة أنواع من حمولة النهر:

أ- ....

ب- ....

ج- ....

د- ....

(٥) عرف كل من:

أ- رسوبيات اللسان (point bar):..

....

ب- المجرى المجدول (braided stream):...

....

ج- السهل الفيضاني (flood plain):...

....

د- المراوح الركامية (alluvial fans):..

....

هـ- المسامية (porosity):...

....

و- النفاذية (permeability):..

....

(٦) اذكر أربعة عوامل تؤثر في المسامية والنفاذية ؟

....

(٧) ما هي المشاكل المصاحبة لسحب المياه الباطنة:

أ- ....

ب- ....

ج- ....

(٨) قارن في الجدول التالي بين الآبار الضحلة والعميقة من حيث النقاط الموضحة في العمود الأول:

نقاط المقارنة	الآبار الضحلة	الآبار العميقة
• عمق مستوى الماء الجوفي • كمية الماء التي يمكن الحصول عليها • إحتمال تلوث مياه هذه الآبار		

(٩) ما هي الشروط العامة اللازمة لتكوين بئر أرتوازي ؟

أ- ....

ب- ....

ج- ....

د- ....

(١٠) اذكر ثلاثة من النشاط الكيميائي للمياه الجوفية:

أ- ....

ب- ....

ج- ....

(١١) عرف كل من:

أ- الآبار الارتوازية:..
....

ب- الإذابة:..

ج- الإحلال:..

د- الترسيب:..

12) The volume of water flowing past a point in a given time is called the _____.

13) A stream in its youthful stage will have a _______ shaped cross section.

14) Particles that roll and slide along the river bottom are part of the _________.

15) Laminar flow may change to _________ flow when the velocity increases.

16) The curved sandbar that forms on the inside of a meander loop is a __________.

17) ___________ occurs on the outside of a meander loop.

٣- ضع بين القوسين علامة √ أو X أمام العبارات التالية (ثم صحح الخطأ إن وجد):

١) تندفع جزيئات الماء في التدفق في رقائق (laminar flow) في اتجاهات عشوائية. ( )

٢) كلما زاد ممال المجرى المائي، كلما زادت طاقة الماء على التدفق ( )

٣) تتكون طبقات القاعدة (bottomset beds) من الطين والغرين بعيدا عن المصب ( )

٤) رواسب البحيرات المالحة هي تلك التي تترسب على القارة ( )

٥) رواسب الأنهار تكون ما يعرف بالدلتا (delta) وتتكون من طين وغرين ورمل مثل نهر النيل بمصر ( )

٦) لا تستطيع المياه الجوفية أن تذيب كثيرا من المعادن والصخور ( )

٧) من مظاهر العمل الميكانيكي للمياه ما يسمى بالانهيارات الأرضية (landslide or landslip). ( )

٤- اختر الإجابة الصحيحة من الاحتمالات الواردة أسفل كل عبارة فيما يلي:

(١) الحمولة المعلقة (suspended load) هي:

أ - عبارة عن الحصى الكبير (coarse gravel) والدبش (boulders) بأحجام تختلف حسب شدة التيار، وهذه لا يستطع الماء حملها ولكنه يدفعها ويدحرجها على القاع.

ب- هي حبيبات الرمال الخشنة والحصى الذي يتحرك على القاع في قفزات متتالية حسب شدة تيار الماء.

ج- حمولة تتكون من الرمال الدقيقة والطين والغرين حيث يستطيع الماء الجاري أن يحملها لمسافات طويلة.

د - وهي الأملاح والمواد القابلة للذوبان في الماء والتي تنتج بفعل التجوية.

(٢) الحمولة الأرضية أو القاعية (bed load):

أ - عبارة عن الحصى الكبير والدبش بأحجام تختلف حسب شدة التيار، وهذه لا يستطع الماء حملها ولكنه يدفعها ويدحرجها على القاع.

ب- هي حبيبات الرمال الخشنة والحصى الذي يتحرك على القاع في قفزات متتالية حسب شدة تيار الماء.

ج- حمولة تتكون من الرمال الدقيقة والطين والغرين حيث يستطيع الماء الجاري أن يحملها لمسافات طويلة.

د- وهي الأملاح والمواد القابلة للذوبان في الماء والتي تنتج بفعل التجوية.

(٣) نظام الصرف الشجري (dendritic pattern) هو.........................

أ - نظام صرف متعامد تكون فيه الروافد متوازية تقريبا مع بعضها.

ب- نظام يتكون في مناطق مخروطات البراكين المنعزلة وتراكيب القباب المرتفعة.

ج- يشبه فروع الشجر ويميز المناطق المتجانسة في تركيبها الصخري .

د- يميز المناطق المتقطعة بالصدوع والفواصل ونلاحظ به العديد من الزوايا القائمة.

(٤) نظام الصرف المتعامد (rectangular pattern) هو...................

أ - نظام صرف متعامد تكون فيه الروافد متوازية تقريبا مع بعضها.

ب- نظام يتكون في مناطق مخروطات البراكين المنعزلة وتراكيب القباب المرتفعة.

ج- يشبه فروع الشجر ويميز المناطق المتجانسة في تركيبها الصخري.

د - يميز المناطق المتقطعة بالصدوع والفواصل ونلاحظ به العديد من الزوايا القائمة.

(٥) نظام الصرف الشعاعي (radial pattern) هو..........................

أ - نظام صرف متعامد تكون فيه الروافد متوازية تقريبا مع بعضها.

ب- نظام يتكون في مناطق مخروطات البراكين المنعزلة وتراكيب القباب المرتفعة.

ج - يشبه فروع الشجر ويميز المناطق المتجانسة في تركيبها الصخري.

د - يميز المناطق المتقطعة بالصدوع والفواصل ونلاحظ به العديد من الزوايا القائمة.

(٦) نظام الصرف التعريشي (trellis pattern) هو......................

أ - نظام صرف متعامد تكون فيه الروافد متوازية تقريبا مع بعضها.

ب- نظام يتكون في مناطق مخروطات البراكين المنعزلة وتراكيب القباب المرتفعة.

ج - يشبه فروع الشجر ويميز المناطق المتجانسة في تركيبها الصخري.

د - يميز المناطق المتقطعة بالصدوع والفواصل ونلاحظ به العديد من الزوايا القائمة.

(٧) مكامن المياه الجوفية الحرة (free underground water)

أ - هي مكامن تتكون في طبقات نفاذة محصورة من أعلاها وأسفلها بطبقات غير نفاذة.

ب- تتكون في نطاق التهوية في مستوى أعلى من مستوى الماء الجوفي عند وجود رسوبيات غير منفذة في هذا النطاق. يشبه فروع الشجر ويميز المناطق المتجانسة في تركيبها الصخري.

ج- هي مياه مخزونة تراكمت في الماضي الجيولوجي تحت ظروف مختلفة عن الظروف الحالية.

د - تنتشر في المناطق ذات الأمطار الغزيرة أو المناطق التي تصل المياه الجوفية إليها بواسطة الأنهار وخلافه. تكون معظم صخورها التي بين حزام التشبع الدائم وسطح الأرض ذات نفاذية عالية.

(٨) مكامن المياه الجوفية الجاثمة (perched underground water)

أ - هي مكامن تتكون في طبقات نفاذة محصورة من أعلاها وأسفلها بطبقات غير نفاذة.

ب- تتكون في نطاق التهوية في مستوى أعلى من مستوى الماء الجوفي عند وجود رسوبيات غير منفذة في هذا النطاق. يشبه فروع الشجر ويميز المناطق المتجانسة في تركيبها الصخري.

ج- هي مياه مخزونة تراكمت في الماضي الجيولوجي تحت ظروف مختلفة عن الظروف الحالية.

د - تنتشر في المناطق ذات الأمطار الغزيرة أو المناطق التي تصل المياه الجوفية إليها بواسطة الأنهار وخلافه. تكون معظم صخورها التي بين حزام التشبع الدائم وسطح الأرض.

(٩) مكامن المياه الجوفية المحصورة (water confined underground)

أ - هي مكامن تتكون في طبقات نفاذة محصورة من أعلاها وأسفلها بطبقات غير نفاذة.

ب- تتكون في نطاق التهوية في مستوى أعلى من مستوى الماء الجوفي عند وجود رسوبيات غير منفذة في هذا النطاق. يشبه فروع الشجر ويميز المناطق المتجانسة في تركيبها الصخري.

ج- هي مياه مخزونة تراكمت في الماضي الجيولوجي تحت ظروف مختلفة عن الظروف الحالية.

د - تنتشر في المناطق ذات الأمطار الغزيرة أو المناطق التي تصل المياه الجوفية إليها بواسطة الأنهار وخلافه. تكون معظم صخورها التي بين حزام التشبع الدائم وسطح الأرض.

(١٠) مكامن المياه الحفرية (fossil underground water)

أ - هي مكامن تتكون في طبقات نفاذة محصورة من أعلاها وأسفلها بطبقات غير نفاذة.

ب- تتكون في نطاق التهوية في مستوى أعلى من مستوى الماء الجوفي عند وجود رسوبيات غير منفذة في هذا النطاق. يشبه فروع الشجر ويميز المناطق المتجانسة في تركيبها الصخري.

ج- هي مياه مخزونة تراكمت في الماضي الجيولوجي تحت ظروف مختلفة عن الظروف الحالية.

د – تنتشر في المناطق ذات الأمطار الغزيرة أو المناطق التي تصل المياه الجوفية إليها بواسطة الأنهار وخلافه. تكون معظم صخورها التي بين حزام التشبع الدائم وسطح الأرض.

11- As a river overflows its banks during flood, it drops much of its coarser-grained load immediately, forming landforms called ___________.

- ☐ deltas
- ☐ alluvial fans
- ☐ natural levees
- ☐ point bars

12- Which one of the following generally decreases downstream along the length of a stream?

- ☐ channel width
- ☐ channel depth
- ☐ gradient
- ☐ velocity

13- Which of the following statements about fluid flow is false?

- ☐ as the velocity of a stream increases, laminar flow may change to turbulent flow
- ☐ the viscosity of most fluids increases as temperature increases
- ☐ most streams and rivers are turbulent
- ☐ the more viscous the fluid, the more likely the flow is laminar

14- What type of flow can transport gravel and cobbles?

- ☐ laminar
- ☐ turbulent
- ☐ both laminar and turbulent
- ☐ neither laminar and turbulent

15- Particles that roll and slide along the river bottom are called______.

- ☐ bed load
- ☐ suspended load
- ☐ dissolved load
- ☐ none of the above

16- What type of material is most likely to be transported as suspended load?
- ☐ clay
- ☐ silt
- ☐ sand
- ☐ depends on the "energy" of the stream

17- Running water erodes solid rock by_________ .
- ☐ abrasian
- ☐ chemical and physical weathering
- ☐ undercutting action of currents
- ☐ all of the above

18- The volume of water flowing past a point in a given time is called the _________.
- ☐ comptence
- ☐ viscosity
- ☐ discharge
- ☐ capacity

19- If sea level were to rise, the slope of the longitudinal profile of many rivers would________ .
- ☐ increase
- ☐ decrease
- ☐ first increase, then decrease
- ☐ first decrease, then increase

20- What type of drainage pattern would you expect to find on a volcano?
- ☐ dendritic
- ☐ rectangular
- ☐ radial
- ☐ radical

21- What type of drainage pattern would you expect to find where rapid weathering along joints in bedrock controls the course of streams?
- ☐ dendritic
- ☐ rectangular
- ☐ radial
- ☐ radical

22- Which of the following flows is most likely to be turbulent?
- ☐ slow flow in a shallow channel
- ☐ fast flow in a shallow channel
- ☐ slow flow in a deep channel
- ☐ fast flow in a deep channel

23- Gravel-sized particles are transported by rivers as ________ .
- ☐ suspended load
- ☐ bed load
- ☐ dissolved load
- ☐ all of these

24- The intermittent jumping motion of sand grains along a river bottom is called ___
- ☐ saltation
- ☐ rippling
- ☐ suspension
- ☐ meandering

25- Natural levees are built up by _________ .
- ☐ beavers
- ☐ humans
- ☐ floods
- ☐ erosion

26- If a stream breaks through a divide and captures drainage from the competing stream it is called _________ .
- ☐ competitive capture
- ☐ competitive erosion
- ☐ stream piracy
- ☐ stream capture

٥- أجب على الأسئلة الآتية:

١- ارسم رسما تخطيطيًا يوضح الدورة المائية ؟

٢- اكتب نبذة عن نظم الصرف (drainage patterns) المختلفة موضحا ذلك بالرسم؟

٣- تكلم عن مراحل تكوين النهر؟

الباب الثامن

المجالد والتجلد (Glaciers and Glaciation)

- مقدمة
- أنواع المجالد
- حركة المجالد
- التعرية بالمجالد
- رواسب المجالد

مقدمة (Introduction)

المجالد هي كتل سميكة تتكون على سطح الأرض من تساقط الجليد، وتضاغطه على شكل طبقات، تتحرك هذه الطبقات بفعل كل من الجاذبية الأرضية، ووزن الجليد.

أنواع المجالد (Types of Glaciers)

هناك نوعان من المجالد:

١- المجالد الألبية (Alpine Glaciers)

وهي التي يقتصر وجودها على الأودية الجبلية. هي مجالد محدودة المسامية، وتتميز بأطراف مدببة، وحين تحركها تعمل على تكوين جدران وديان شديدة الانحدار. هناك ثلاثة أنواع من المجالد الألبية:

- **الحلبة الجليدية (Cirque Glaciers)**

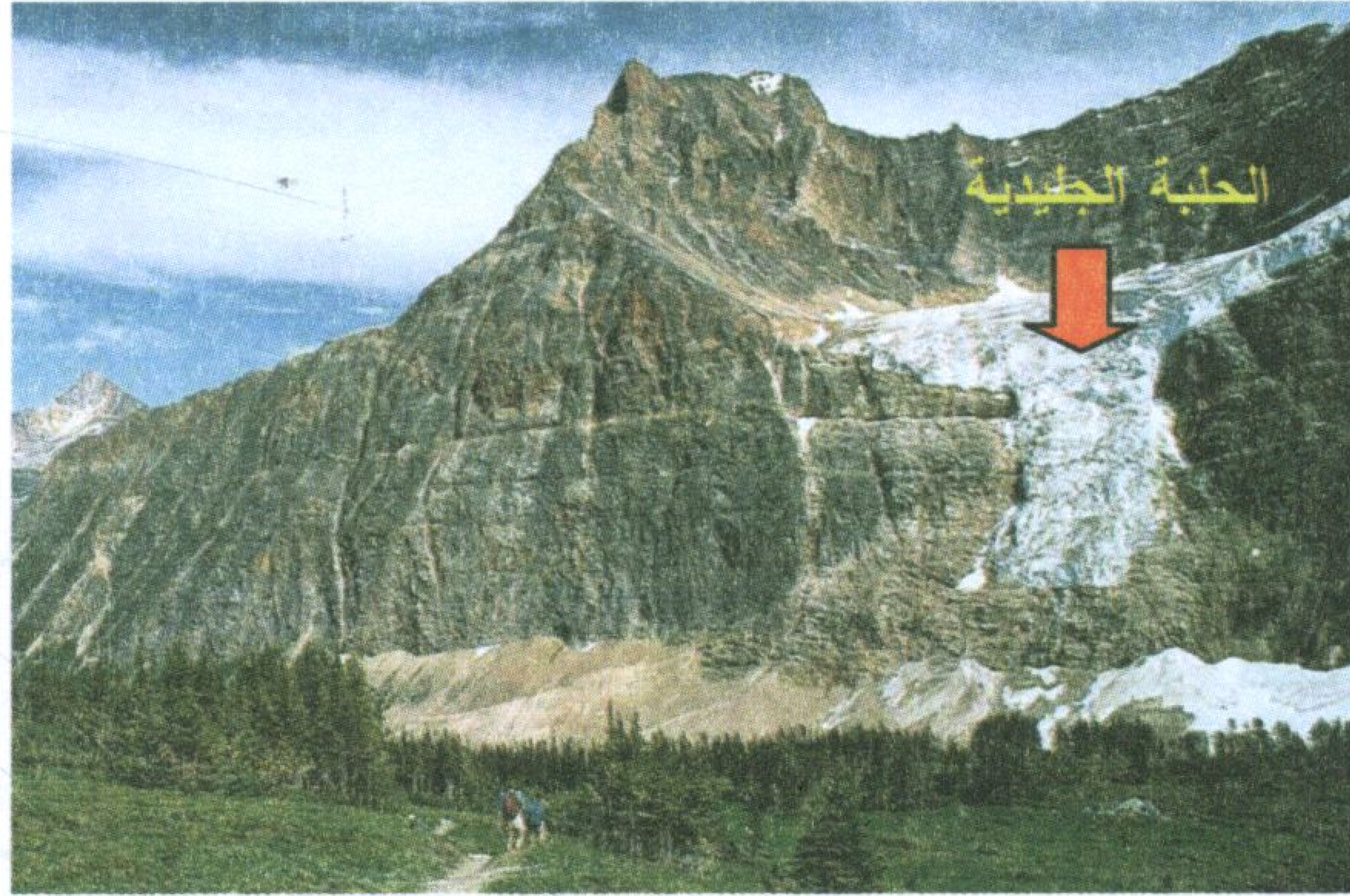
وهي التي تعمل على نحت الأحواض بجوانب الجبال (شكل ٨-١).

- **الوديان الجليدية (Valley Glaciers)**

وهي التي تتدفق من خلال الأودية سابقة التكوين (شكل ٨-٢).

- **الغطاء الثلجي (Icecap)**

وهي التي تتكون بقمم الجبال (شكل ٨-٣).



شكل ٨-١. الحلبة الجليدية (cirque glaciers).
Mount Edith Cavell, Jasper National Park, Canada



شكل ٨-٢. الوديان الجليدية (valley glaciers).
Tongas National Forest, Alaska

٢- المجالد القارية وتوزيعها (Continental Glaciers)

تغطي مساحات شاسعة من سطح الأرض، ولا يقتصر توزيعها على الوديان الجبلية (شكل ٨-٣). المجالد القارية تعمل على تغطية المنطقة، وبالتالي تصل الرؤوس البارزة التي تقابلها.

يغطي الجليد ما يقرب من ١٠٪ من مساحة اليابسة بصفة دائمة في جميع القارات، فيما عدا استراليا، وتشمل هذه المساحة المناطق القطبية، والقريبة من القطبين، بالإضافة إلى الأجزاء العليا من الجبال الشاهقة، مثل جبال الأنديز (Andes)، والهيمالايا (Himalaya)، ولكن بشكل عام يوجد اليوم كتلتين رئيسيتين للمجالد القارية:

- الأولى تغطي مناطق جرينلاند، وتمثل حوالي ٨٠٪ من مساحتها.
- الثانية تغطي جزءًا كبيرًا من منطقة القطب الجنوبي.



شكل ٨-٣. مجالد الغطاء الثلجي (Icecap glaciers) والمجالد القارية (Continental glaciers).
http://www.nmm.ac.uk/server/show/conWebDoc.1221

حركة المجالد (Glaciers Movement)

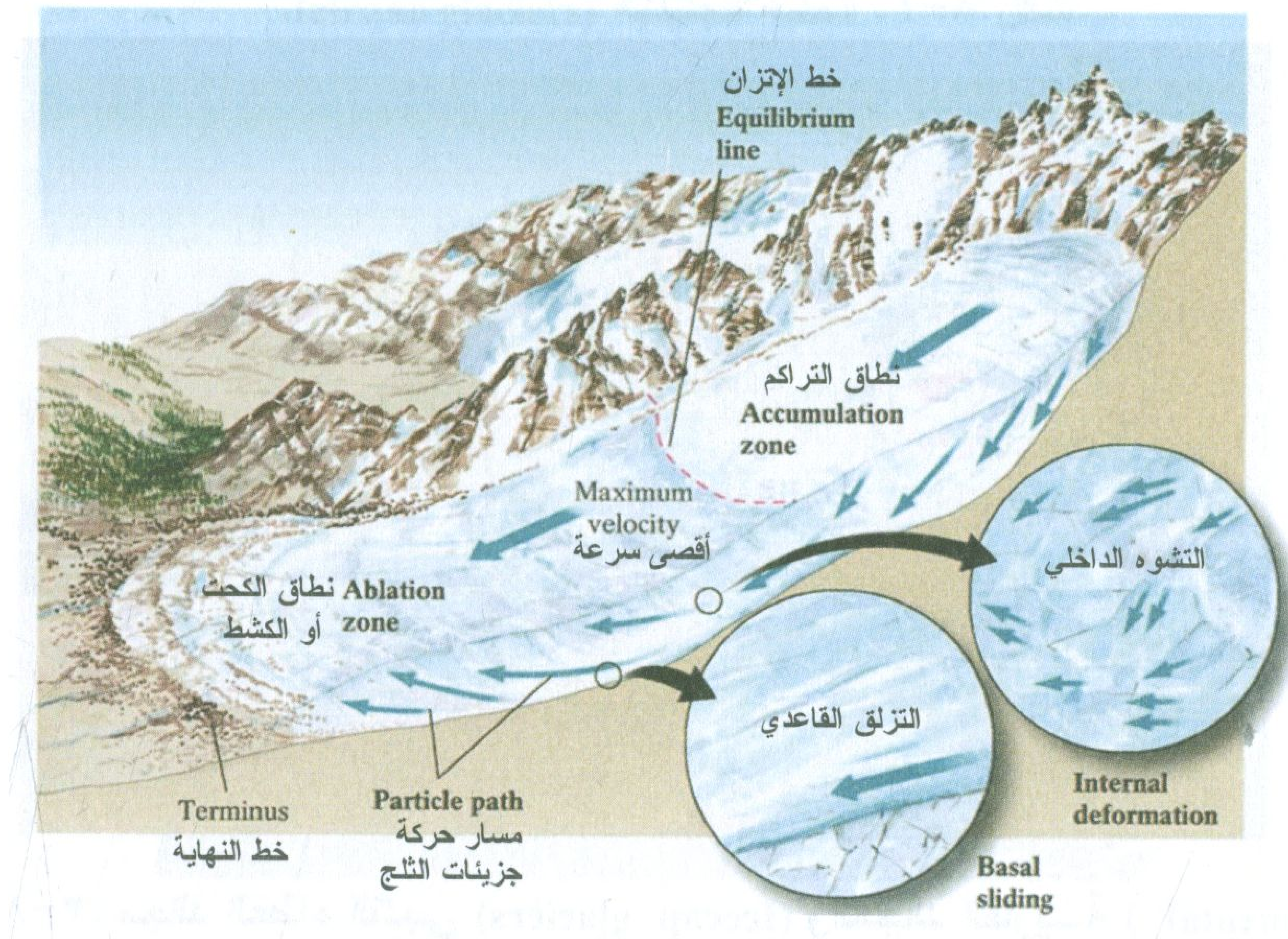
يتحرك الجليد بطريقتين أساسيتين:

١- التشوه الداخلي (Internal Deformation)

حيث يحدث نوع من الانزلاق بين بلورات الثلج وبعضها (شكل ٨-٤).

٢- التزلق القاعدي (Basal Sliding)

وهو انزلاق كتلة كاملة من الجليد على الأرض (شكل ٨-٤)، ويعتقد أن الماء يعمل كرافعة يساعد على حركة الجليد فوق الصخور. مصدر الماء فى هذه الحالة هو ذوبان جزء من الجليد، حيث أن درجة ذوبانه تتناقص بزيادة الضغط، وعليه فإن داخل عمق المجلد يكون الجليد عند نقطة الذوبان، بالرغم أن درجة الحرارة أقل من الصفر.



شكل ٨-٤. مخطط يبين حركة المجالد.

التعرية بالمجالد (Erosion by Glaciers)

يقوم المجلد بتعرية الصخور بإحدى طريقتين:

(أ) الاقتلاع أو الاحتجاز (Quarrying)

١- عند مرور الجليد المتدفق فوق طبقة صخرية متصدعة، يعمل على رفعها إلى مستواه ثم نقلها.

٢- يحدث الاقتلاع نتيجة تسرب الماء في شقوق الصخر، ثم تجمده مما يجعله يتمدد، ويسبب التمدد خلع أو اقتلاع أجزاء من الصخور.

(ب) الكشط (Abration)

١- تقوم الحمولة الصخرية للمجلد ببرد الطبقة الصخرية التي يتحرك عليها بقاع مجراه، وكذلك الصخور المنقولة بداخله، مكونًا خدوشًا بالصخر (شكل ٨-٥).

٢- عندما يحمل الجليد أجزاء صخرية كبيرة، تحدث هذه الصخور خدوشًا وأخاديد في قاع مجراه.



شكل ٨-٥. صورة تبين الخدوش الناتجة عن عمليات الكشط للمجالد.

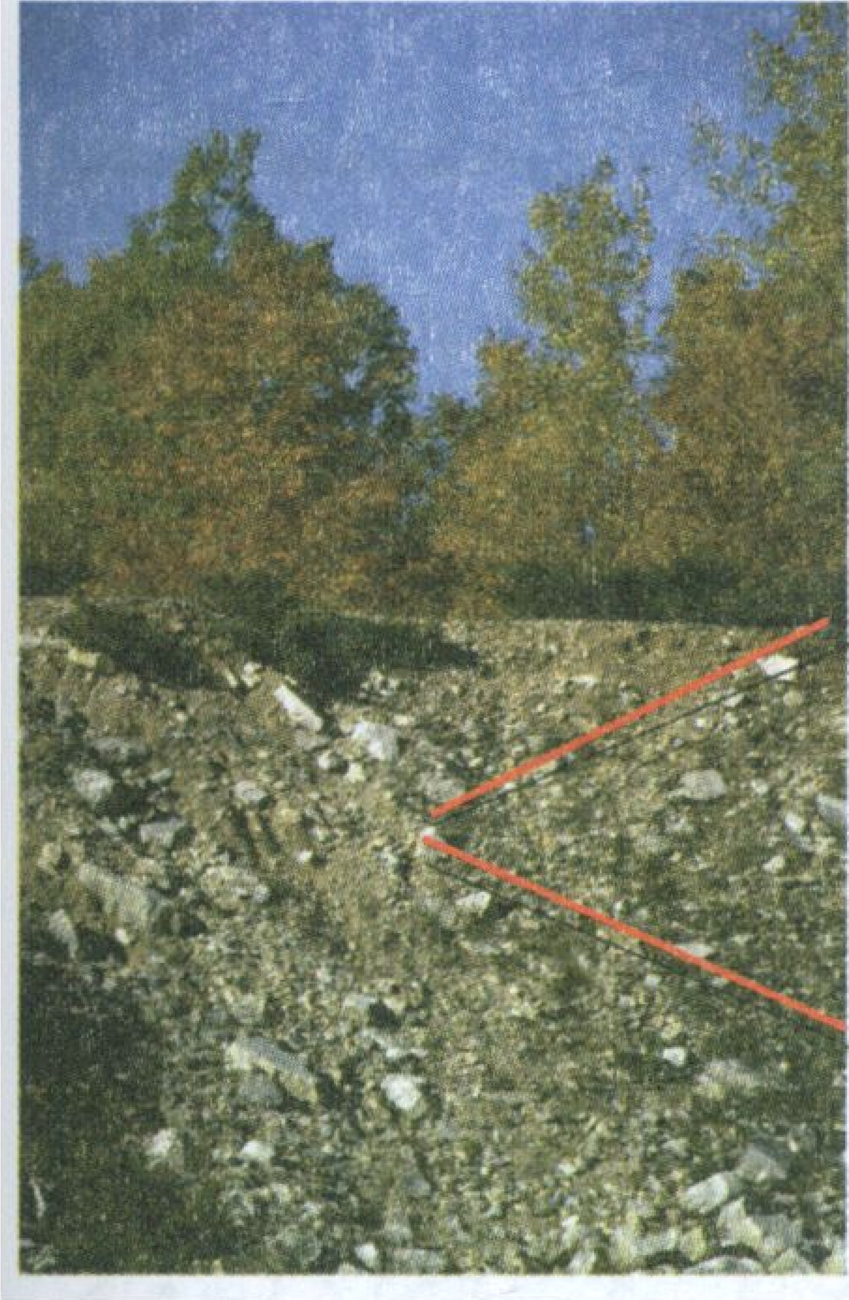
رواسب المجالد (Glaciers Deposits)

يمكن تصنيف رواسب المجالد إلى مجموعتين حسب درجة الفرز:

(أ) رواسب عديمة الفرز (Unsorted Deposits)

(١) رسوبيات التِّـــلّ (Till)

هي عبارة عن رسوبيات متكونة من حطام صخري مختلف الأحجام تتميز بعدم فرزها، وتترسب مباشرة من المجالد. عند احتواء التل على أحجام جلمودية ويذوب الجليد، تتواجد هذه الجلاميد متناثرة على سطح الأرض (شكل ٨-٦).





شكل ٨-٦. رسوبيات التِّلّ عديمة الفرز.

(٢) رسوبيات جليدية شاردة (Erratics)

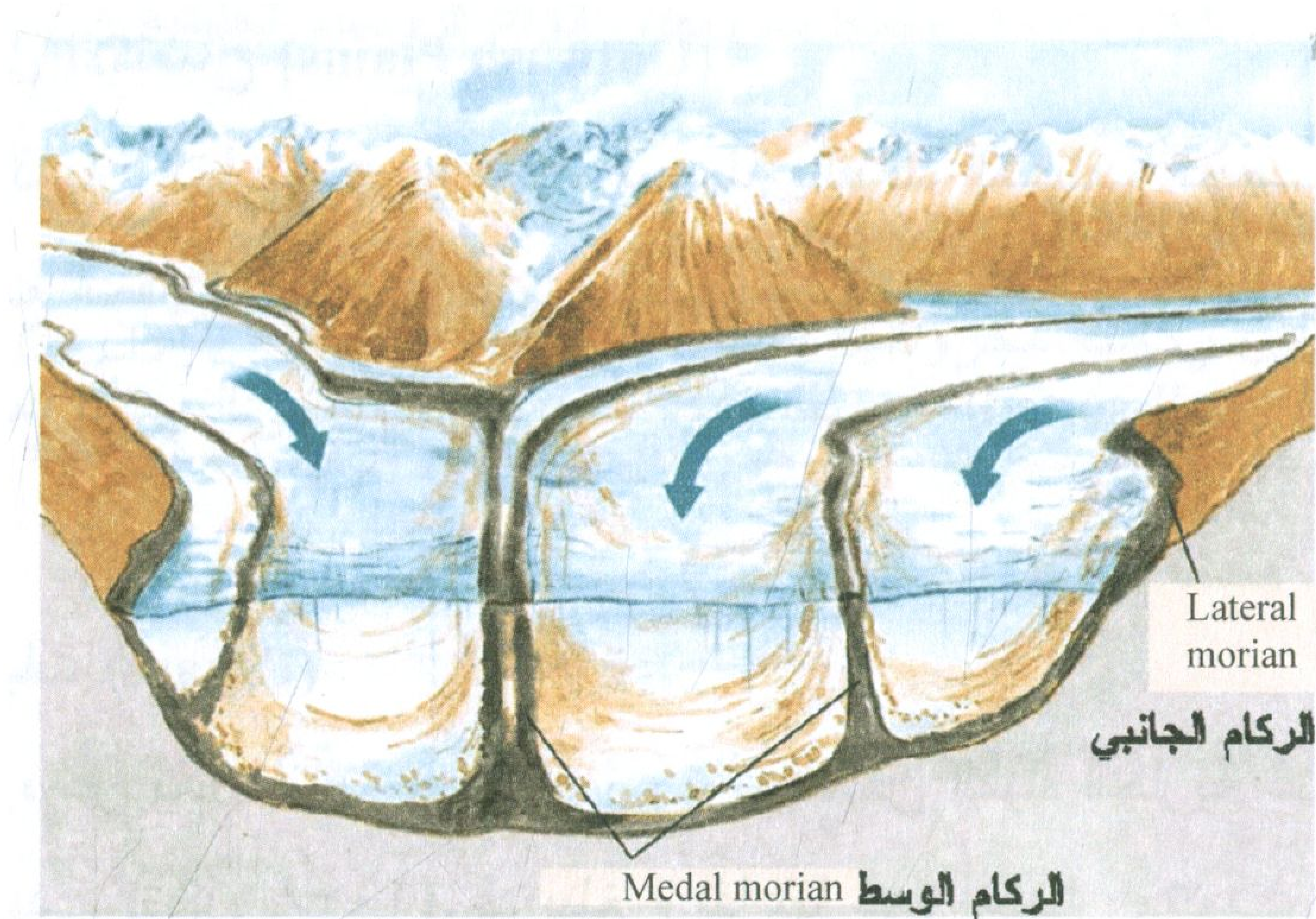
تطلق على القطع الصخرية الكبيرة في الحجم، والتي تم نقلها بواسطة الجليد، وتبعد عن مكان مصدرها الأصلي (شكل ٨-٧).



شكل ٨-٧. قطعة جرانيتية شاردة تم نقلها بواسطة الجليد (large granite erratic).

(٣) الركام (Morian)

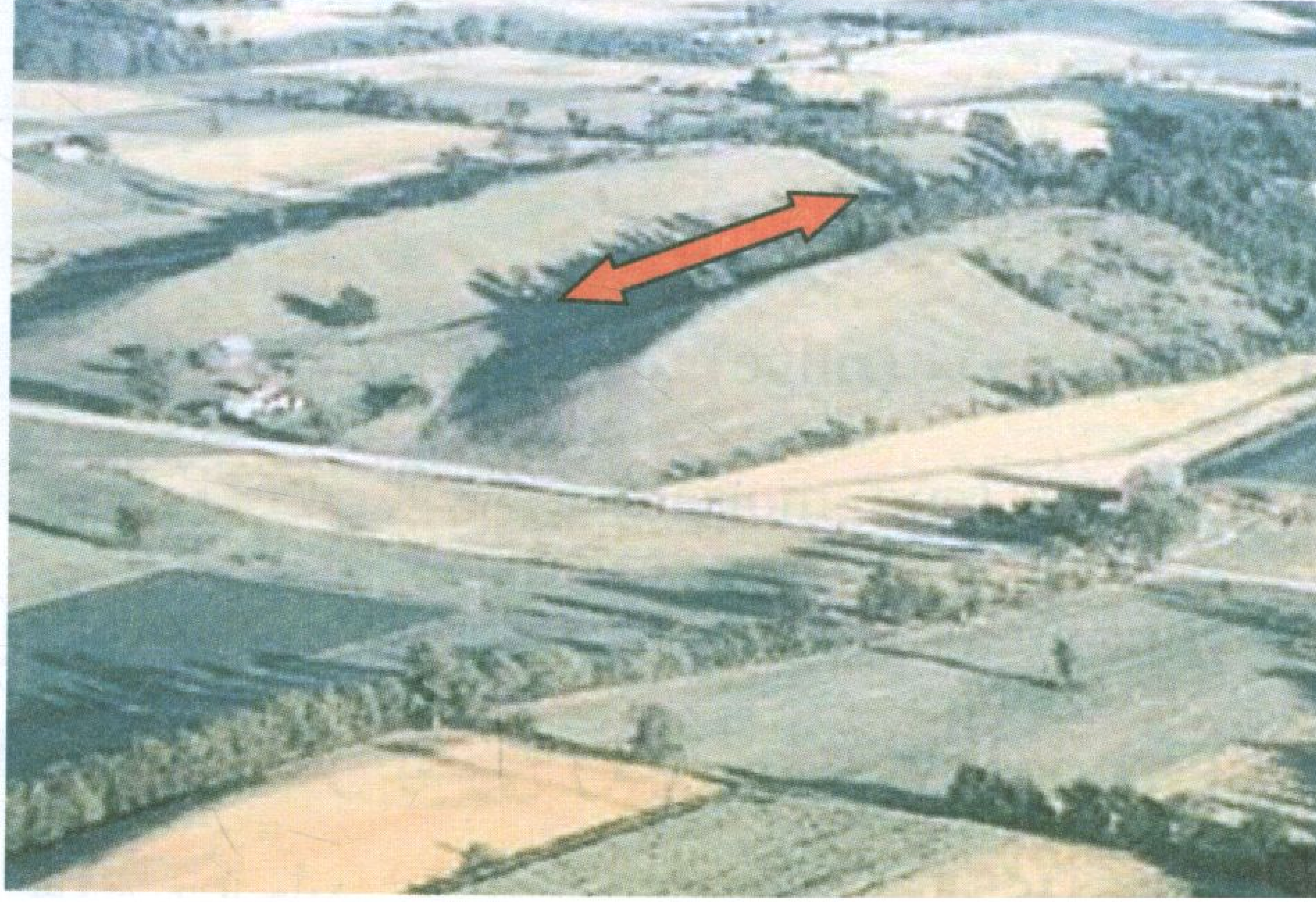
تطلق على رواسب الفتات الصخري مختلف الحجم، والمتخلف عن النهر الجليدي. ويطلق عليه الركام الجليدي الجانبي (lateral morian) عندما يترسب هذا الفتات على جوانب النهر الجليدي (شكل ٨-٨). ويطلق اسم الركام الجليدي الوسطي (middle morian) على الرواسب التي تنتج عن دمج أكثر من رافد للركام الجليدي الجانبي مع النهر الجليدي الأساسي (شكل ٨-٨). أما الرواسب التي تتكون على شكل عرف، أو مرتفع (ridge) منحنى في الجزء الأمامي من المجلد، فإنها تسمى الركام النهائي (end morian). هناك نوعان من الركام النهائي، يسمى أحدهما، ركام طرفي (terminal morian)، حيث يتكون في أقصى مقدمة الجليد، والآخر يسمى ركام تراجعي (recessional morian)، وهو أبعد ركام عن طرف الجليد. والنوع الأخير من الركام يسمى الركام الأرضي (ground morian) وهو عبارة عن غطاء من رواسب عديمة الفرز، تكونت خلف المجلد بعد تراجعه.



شكل ٨-٨. الركام الجليدي الجانبي والوسطي.

(٤) التلال الجليدية البيضاوية (Drumlines)

وهي عبارة عن تلال من رسوبيات عديمة الفرز، في أعداد موازية بعضها البعض (شكل ٨-٩). قد يصل طولها ٢ كم وارتفاعها ٩٠م.



شكل ٨-٩. التلال الجليدية البيضاوية (drumlins).

(ب) رواسب جيدة الفرز (Well-sorted Deposits)

(١) سهول الاكتساح (Outwash Plains)

عند ذوبان الجليد، تجري المياه المحملة بالفتات المختلف الحجم بسرعة كبيرة، ومع انخفاض سرعتها فإنها ترسب بعضًا من حمولتها على مراحل مختلفة، مما يؤدي إلى تكوّن رسوبيات جيدة الفرز (well-sorted) (شكل ٨-١٠).

(٢) الكثيبات (Eskars)

عباره عن تلال فتاتية جيدة الفرز، ترسبت من المياه الجارية عند نهاية النهر الجليدي (شكل ٨-١٠). قد يبلغ ارتفاعها عدة أمتار وتتميز بالتطبق المتقاطع (cross bedding).

(٣) الأخاديد الدائرية (Kettles)

هي عبارة عن أجسام ثلجية كبيرة الحجم، محاطة برسوبيات من كل جانب. عندما تنصهر الكتلة الجليدية فإنها تكوّن منخفضًا تتجمع فيه المياه علـــى شـــكل بحيرة (شكل ٨-١٠).



شكل ٨-١٠. مخطط يبين بعض أنواع الرواسب الجليدية.

(٤) الكيمات (Kames)

هي تلال ركامية مخروطية الشكل، ذات انحدار شديد. تتكون من الحـــصى والرمل المتطبق. تكونت هذه الصخور نتيجة تراكم الرواسب من مياه الـــذوبان، على امتداد مقدمة الجليد (شكل ٨-١٠).

أسئلة وتدريبات

١- عرف الآتي:

- المجالد الألبية (Alpine glaciers)
- المجالد القارية (continental glaciers)
- رسوبيات التّل (till)
- الرسوبيات الجليدية الشاردة (erratic)
- الركام Morian
- سهول الاكتساح (outwash plains)
- الكثيبات (eskars)
- الأخاديد الدائرية (kettles)
- الكيمات (kames)

٢- اختار الإجابة الصحيحة مما يلي:

١) يطلق على القطع الصخرية كبيرة الحجم، والتي تم نقلها بواسطة الجليد، وتبعد عن مكان مصدرها الأصلي، ....

(أ) رسوبيات التّل (till) (ب) رسوبيات جليدية شاردة (erratic)

(ج) الركام (Morian) (د) الكثيبات (eskars) (هـ) الكيمات (kames)

٢) يطلق على التلال الركامية مخروطية الشكل، ذات الانحدار الشديد، وتتكون من الحصى والرمل المتطبق، ....

(أ) رسوبيات التّل (till) (ب) رسوبيات جليدية شاردة (erratic)

(ج) الركام (Morian) (د) الكثيبات (eskars) (هـ) الكيمات (kames)

٣) يطلق على الرسوبيات المتكونة من الحطام الصخري مختلف الأحجام (عديمة الفرز)، وتترسب مباشرة من المجالد، ....

(أ) رسوبيات التّل (till) (ب) رسوبيات جليدية شاردة (erratic)

(ج) الركام (Morian) (د) الكثيبات (eskars) (هـ) الكيمات (kames)

٤) يطلق على رواسب الفتات الصخري مختلف الحجم، والمتخلف عن النهر الجليدي، ....

(أ) رسوبيات التّل (till) (ب) رسوبيات جليدية شاردة (erratic)

(ج) الركام (Morian) (د) الكثيبات (eskars) (هـ) الكيمات (kames)

٥) يطلق على التلال الفتاتية جيدة الفرز، والتي ترسبت من المياه الجارية عند نهاية النهر الجليدي، ....

(أ) رسوبيات التّل (till) (ب) رسوبيات جليدية شاردة (erratic)

(ج) الركام (Morian) (د) الكثيبات (eskars) (هـ) الكيمات (kames)

6- Valley glaciers are also known as _________ glaciers.

- ☐ lowland
- ☐ upland
- ☐ alpine
- ☐ gorge

7- The transformation from ice to gaseous water vapour is called _________.

- ☐ melting
- ☐ sublimation
- ☐ boiling
- ☐ condensation

٣- أكمل ما يأتي :

١) هناك نوعين من المجالد ، هما:

١- .... ٢- ....

٢) يقوم المجلد بتعرية الصخور بإحدى طريقتين ، هما:

١- .... ٢- ....

3) Glaciated valleys have a ________ shape.

4) In what country or continent is the world's largest glacier?

5) What kind of glacier is the glacier in the previous question?

6) Deposits that form a ridge at the front of a glacier, called.......

7) Pits in the surface of the ground formed by melting ice, called ....

8) Smooth elliptical hills formed by deposition, called ....

9) A thick accumulation of slow moving snow-ice, called ....

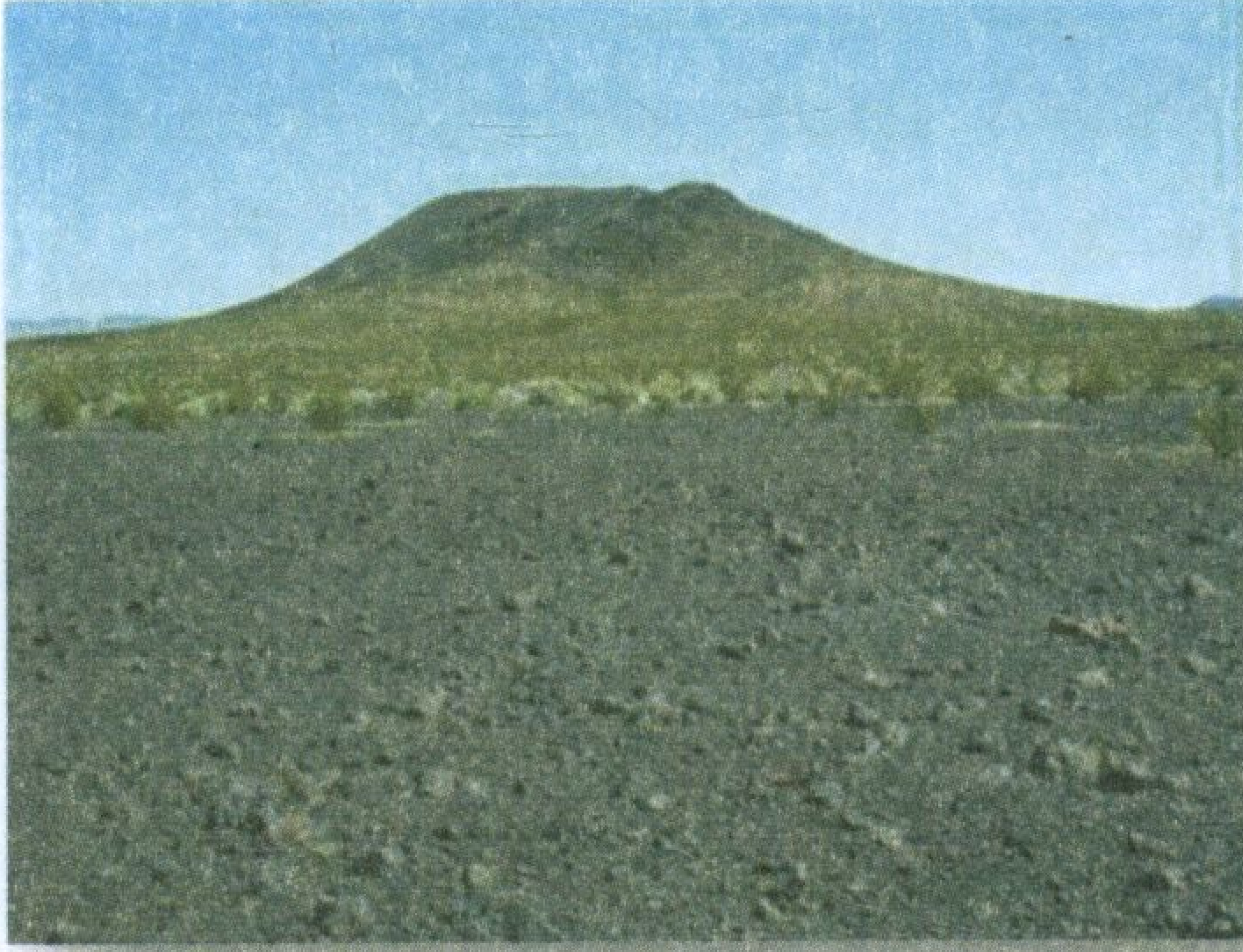
10) Circular depression formed by Alpine glaciers, called ....

الباب التاسع

الصحـــــاري (Deserts)

- مقدمة
- أنواع الصحاري
- تأثير الرياح على سطح الأرض في المناطق الصحراوية
- أنواع رواسب الرياح

مقدمة (Introduction)


شكل ٩-١. صورة تبين الطبيعة الصحراوية.

اختلف العلماء في تعريف الصحراء، فالبعض يعرف الصحراء على أنها كل منطقة لا يزيد معدل هطول الأمطار فيها عن ٢٥ سم سنويـــاً. والبعض الآخر يعتبر أن تعريف منطقة ما على أنها صحراء يعتمد على نوع التربة، وأصناف النباتات بالمنطقة، وعلماء آخرون يجمعون بين هذه العناصر كلها، فيطلقون اسم الصحراء على كل منطقة مهجورة، أو قاحلة ذات أمطار قليلة أو نادرة، تغطي بعض أجزاءها الكثبان الرملية، وغطاؤها المثالي يتكون من طبقات مكشوفة، أو رقعة فسيحة من الأحجار (شكل ٩-١). توجد الحياة النباتية في صورة نباتات لها القدرة على مقاومة ظروف الجفاف، مثل نباتات الصبار. تشغل الصحاري وأشباه الصحاري نحو ثلث مساحة اليابس الأرضي.

توزيع الصحاري (Deserts Distribution)

تبلغ مساحة الصحاري حوالي ٣/١ مساحة سطح الكرة الأرضية، ونجد أنها تتركز في المناطق المتوسطة وشبه الاستوائية. تقسم المناطق الصحراوية في العالم وفقًا للظروف المناخية إلى: صحاري حارة، وصحاري معتدلة

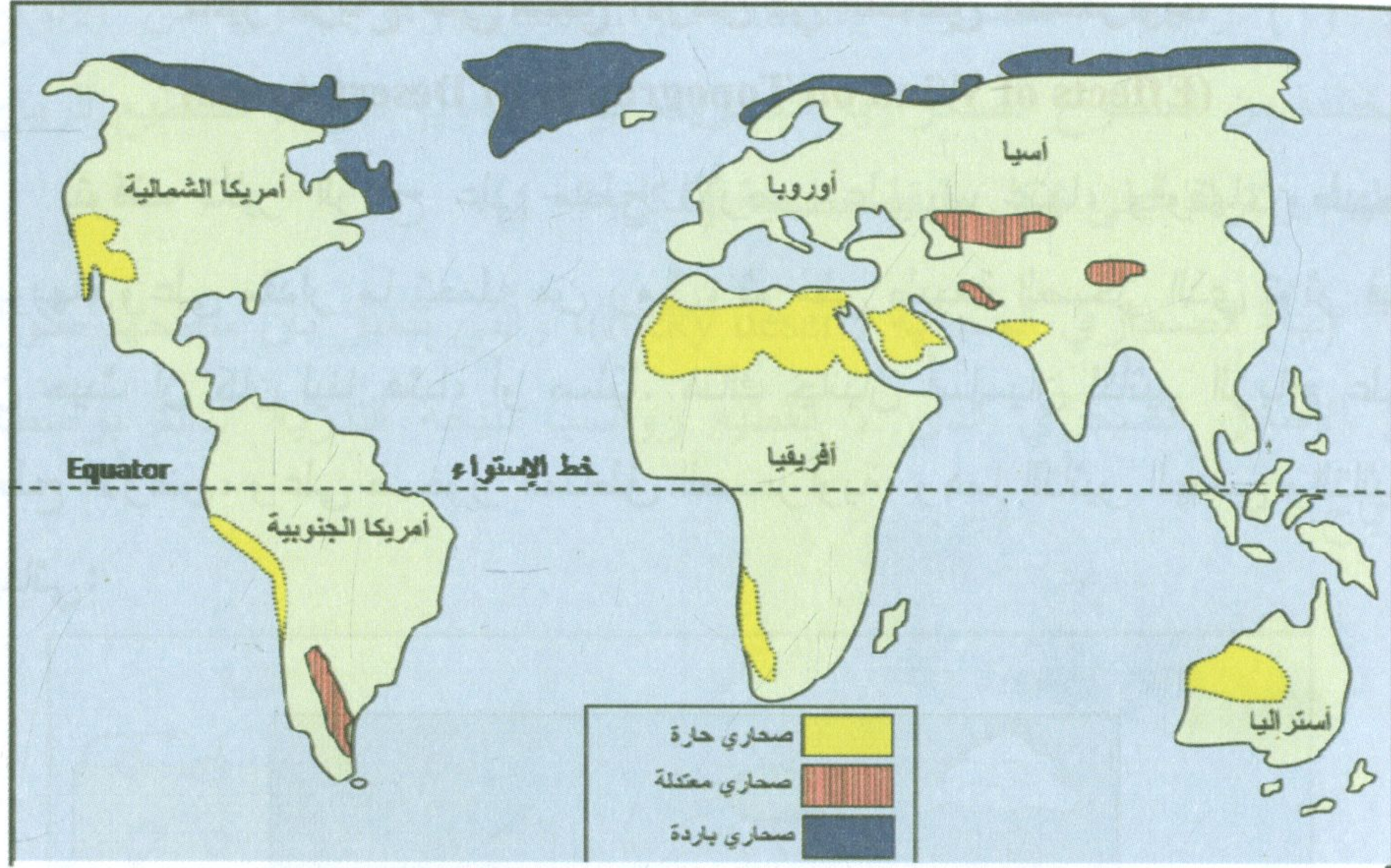
وصحاري باردة. تقع الصحاري الحارة أو الجافة غير بعيدة عن خط الاستواء، بجوار مداري الجدي والسرطان. تمتد تلك الصحاري في نطاق يقع في الغالب بين درجتي عرض ١٨ إلى ٣٠° شمالاً وجنوبًا ويشمل شمال أفريقيا حتى شمال الهند (صحراء ثار)، كذلك شمال المكسيك وجنوب أمريكا الشمالية (صحراء أريزونا)، والساحل الغربي لأمريكا الجنوبية، وجزء كبير من غرب أستراليا (صحراء بريت ساندي) (شكل ٩-٢).

تتميز الصحاري الحارة بكبر المدى الحراري اليومي والسنوي، وانخفاض الرطوبة، وقلة الأمطار، بحيث لا يتجاوز متوسطها السنوي عن ٢٥ سم، وأمثالها الصحراء الكبرى الأفريقية، وصحراء شبه الجزيرة العربية، وصحراء أتكاما وصحراء كالاهاري، والصحراء الأسترالية الكبرى. تمتد الصحاري المعتدلة غالبًا في الأجزاء الداخلية للقارات، حيث تظهر في وسط آسيا، وأمريكا الجنوبية (شكل ٩-٢). تتميز الصحاري المعتدلة بكميات قليلة من الأمطار، ولكنها أكثر من الصحاري الحارة. بينما تمتد الصحاري الباردة في شمال أوروبا، وأسيا، وأمريكا الشمالية (شكل ٩-٢). لا يزيد متوسط أمطارها السنوي عن ٢٥ سم، وهو عبارة عن ثلوج، حيث يزيد متوسط درجة الحرارة السنوي عن الصفر.

أنواع الصحاري (Types of Deserts)

١- صحاري أحزمة الرياح (Wind Belt Deserts)

وهي الصحاري التي تتكون نتيجة لطبيعة الأحزمة الريحية للأرض.



شكل ٩-٢. خريطة تبين توزيع المناطق الصحراوية في العالم.

٢- صحاري وسط القارات (Intra-Continent Deserts)

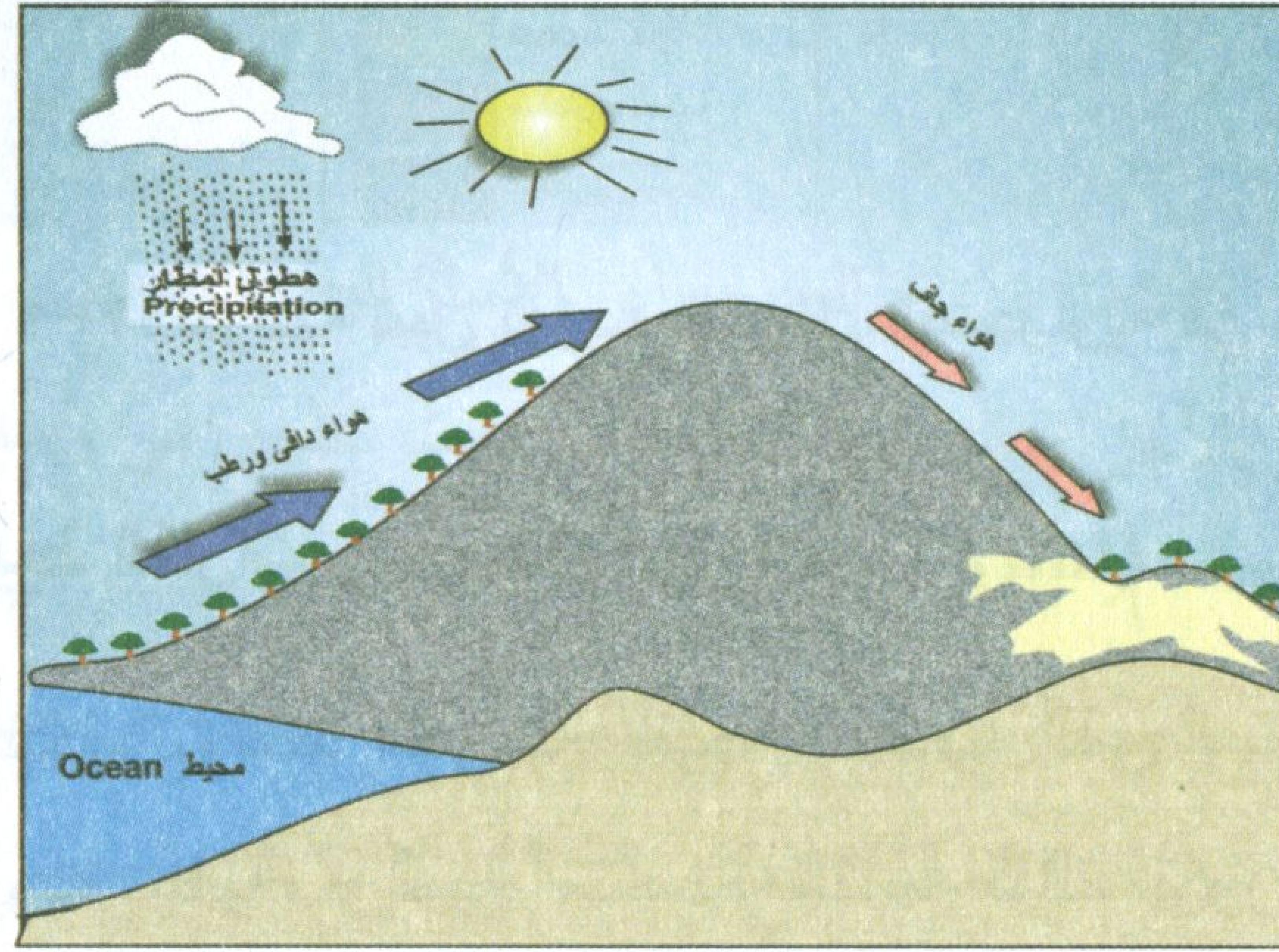
وهي التي تتكون وسط القارات، نتيجة للجفاف الذي يسود هذه المناطق، حيث تكون البرودة عالية، والمياه متجمدة شتاء، كذلك تكون الحرارة شديدة صيفًا، مسببة الجفاف.

٣- الصحاري المتكونة خلف المناطق الجبلية (Mountain Shadow Deserts)

تقوم الجبال العالية بحجب الرياح المحملة بالرطوبة، حيث إن الرياح الرطبة ترتفع إلى أعلى عند اصطدامها بالجبال، مما يؤدي إلى برودتها، وتكثيف بخار الماء المحمل فيها، وسقوط الأمطار على واجهة الجبل المعرضة للرياح، أما الوجه غير المعرض للرياح فيكون جافًا تمامًا (شكل ٩-٣).

تأثير الرياح على سطح الأرض في المناطق الصحراوية
(Effects of Wind on Topography of Desert Areas)

يتوقف تأثير الرياح على سطح الأرض على سرعتها، وقوتها، وطبيعة هبوبها، وعلى مقدار ما تحمله من رمال، ثم على طبيعة الصخر الذي تؤثر فيه من حيث إن كان لينًا هشًا، أو صلبًا. هناك جانبان أساسيان لتأثير الرياح على سطح الأرض، وعلى صخور المناطق الصحراوية، وهما التأثير الهدمي والتاثير البنائي:



شكل ٩-٣. الصحاري المتكونة خلف المناطق الجبلية.

التأثير الهدمي للرياح (Destructive Effect of Winds)

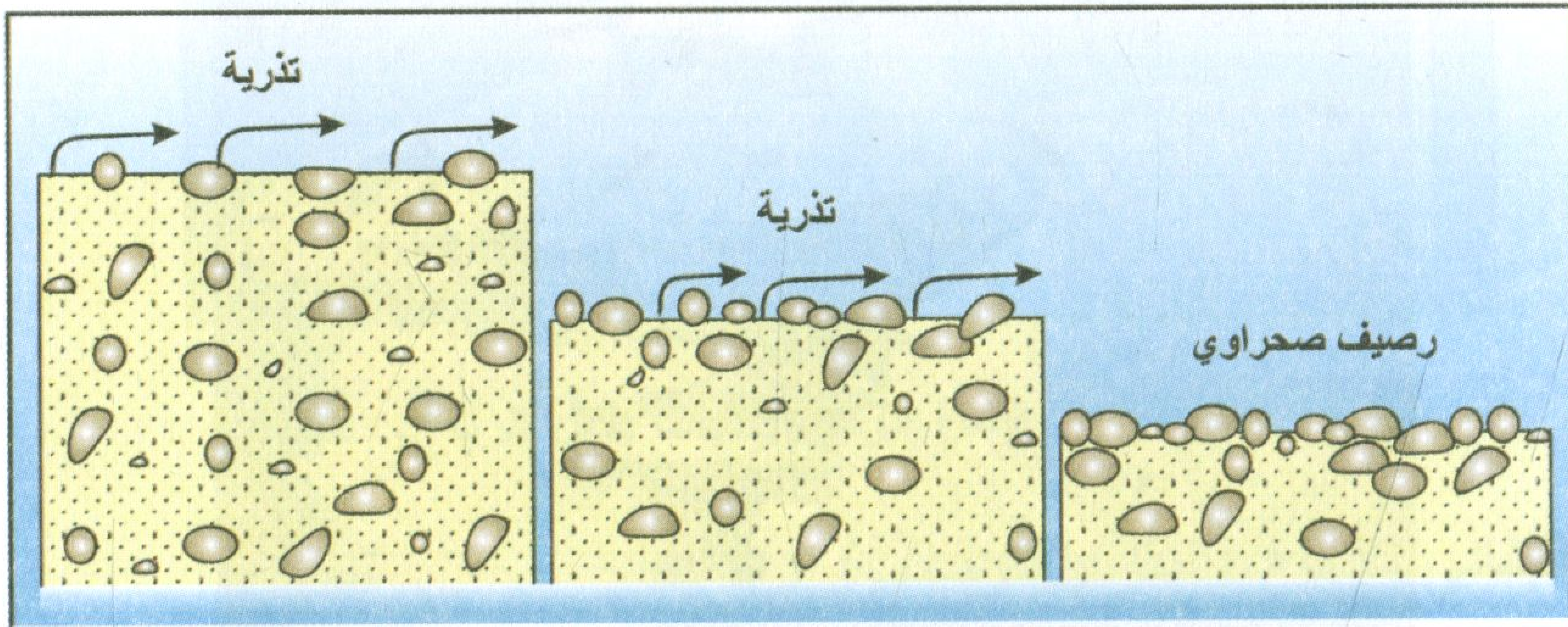
يسمى العمل الهدمي للرياح بالتحات الريحي (wind erosion) وهو نتيجة عمليتين:

١- التذرية (Deflation)

هي عملية إزالة الرواسب التي تفككت نتيجة عمليات التجوية، ونقلها إلى أماكن أخرى. من أهم نواتج التذرية:

(أ) رصيف الصحراء (desert pavement)، وهو يتكون من الأنواع المختلفة من السطوح الصحراوية الحجرية، أو الحصوية التي لا تستطيع الرياح حملها، وتترك على شكل طبقة سطحية (شكل ٩-٤).

(ب) الصحاري الحجرية (rocky desert)، والتي تتميز بأن سطحها مكون من الأساس الصخري الذي لا تغطيه رواسب نتيجة التذرية الدائم بواسطة الرياح.



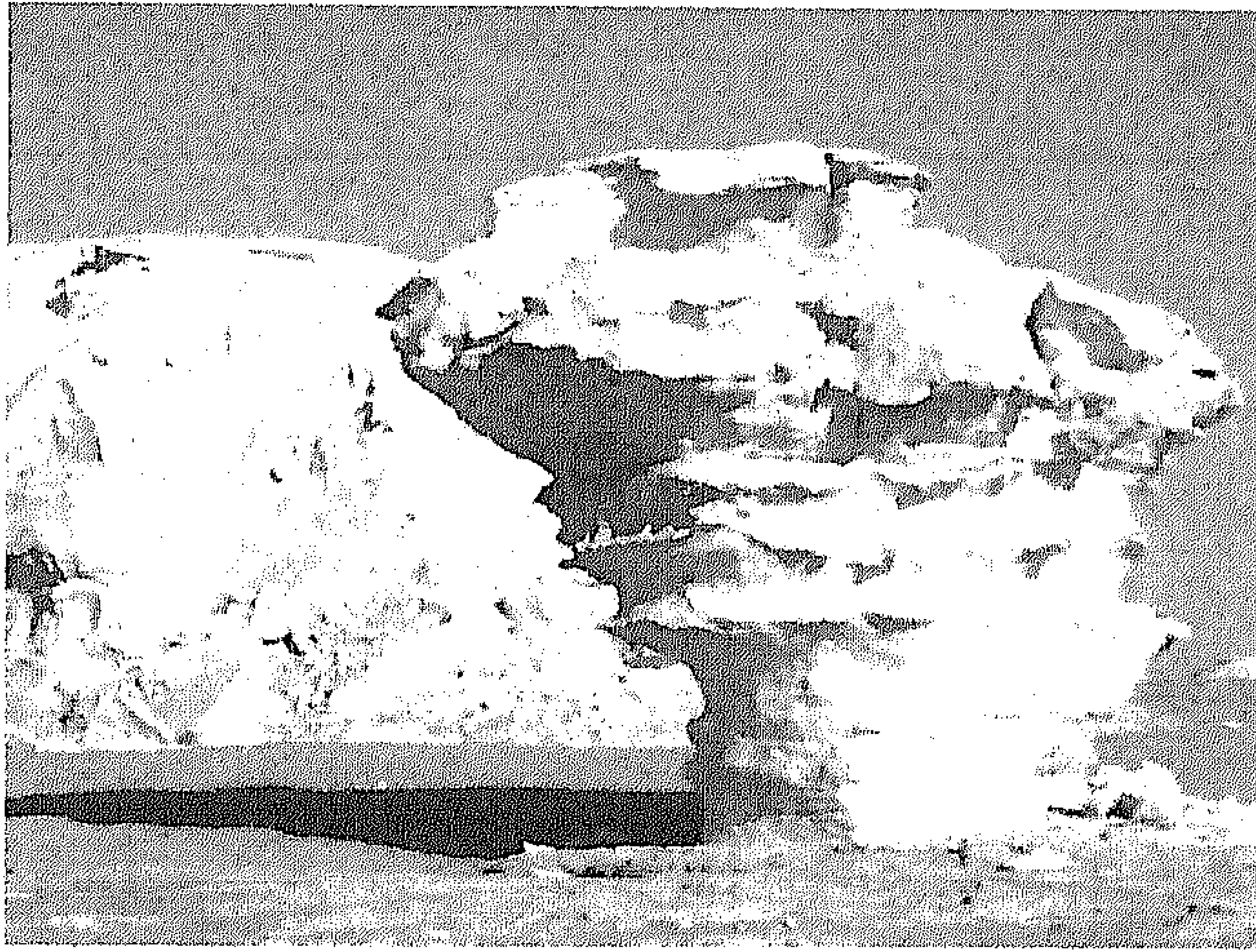
شكل ٩-٤. عمليات التذرية وطريقة نشأة الرصيف الصحراوي.

(ج) المنخفضات الحوضية (basin–like depressions)، وهي تحدث في المناطق التي يغطيها وشاح صخري غير متماسك من الطين والطفل، مما يسهل تذريته بواسطة الرياح، يتوقف ذلك على عمق مستوى الماء الجوفي، فإذا كان العمق قليلاً، تصبح عملية التذرية غير ممكنة. من أمثلة تلك المنخفضات، منخفض القطارة بجمهورية مصر العربية، حيث ينخفض قاعه بحوالي ٢٤٠م تحت سطح البحر.

٢- البري (Abrasion)

تقوم الرياح المحملة بحبيبات الرمل ببري الصخور، وتشكيلها بأشكال غريبة تبدو بهيئة البشر أو الحيوان، وتستقيم منتصبة فوق أسطح بعض

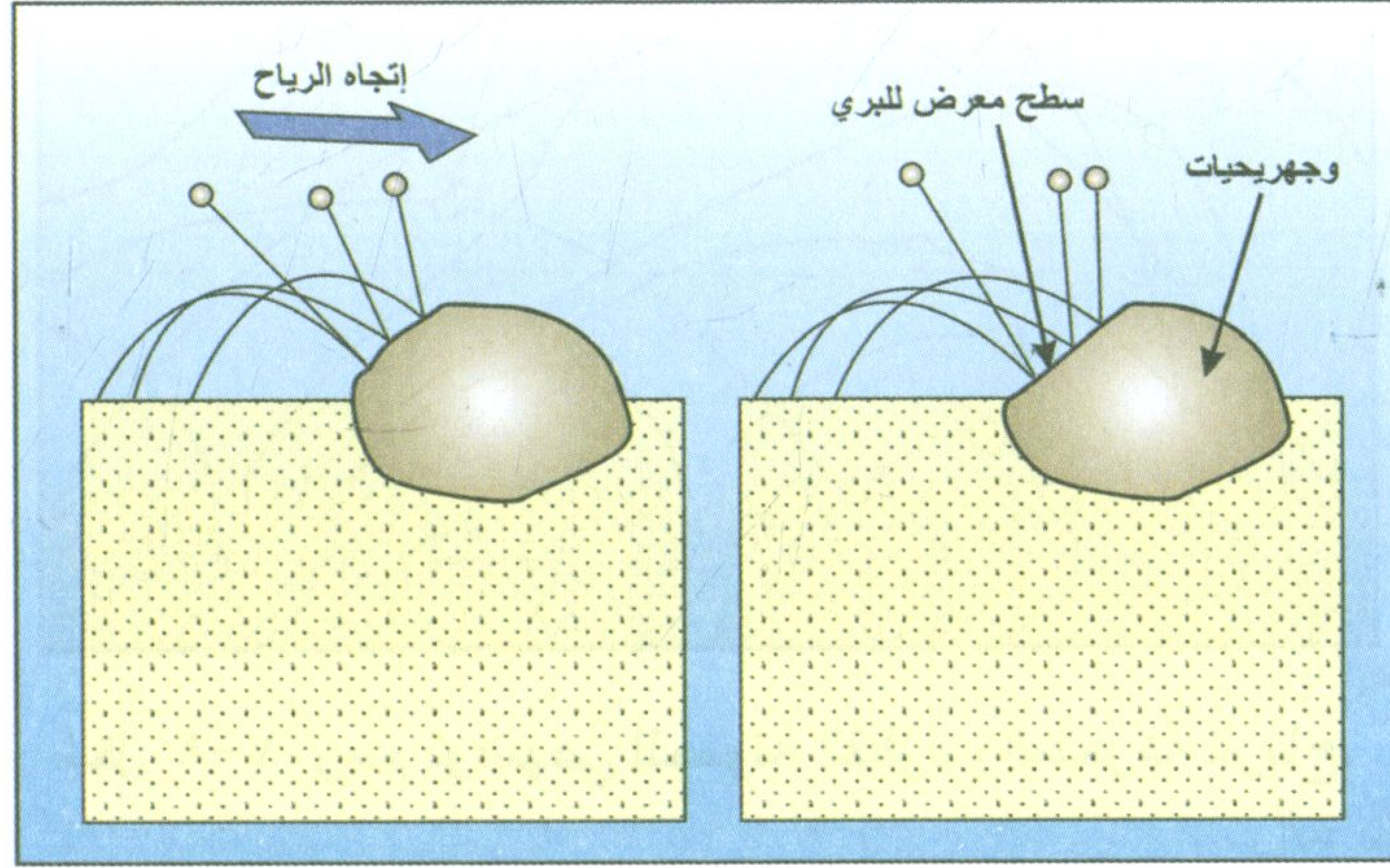
الصحاري. تكون عملية البري أقوى ما يمكن فوق سطح الأرض بقليل، حيث درجة تركيز الرمل أعلى ما يمكن (حوالي ٥٠ سم من الأرض). من المعالم التي تنشأ نتيجة النحر السفلي صخور الموائد الصخرية (mushroom rocks)، وذلك بتآكل الطبقة السفلى الأقل صلادة، بمعدل أكبر من الطبقة العليا الأكثر صلادة (شكل ٩-٥).



شكل ٩-٥. صورة توضح التآكل التفارقي للصخور نتيجة عمليات البري.

يعمل بري الرياح بسهولة أكثر في نقاط الضعف بالصخور، مثل سطوح الفواصل التي تحدد في الأصل المعالم الصحراوية المسماة بالأبراج الصخرية (rock towers). من نواتج عمليات البري ما يعرف باسم الوجهريحيات (ventifact) وهي عبارة عن حصى أو قطع صخرية تمزقت من الصخر بتأثير التجوية، ثم تعرضت لتأثير حبات الرمال فترة طويلة، فينشأ عن ذلك بري وصقل أحد جوانبها، وحين يتغير وضع الحصوة لسبب أو لآخر كأن تدور أو تنقلب بفعل هبوب الرياح، يتعرض جانب ثان وثالث لهبوب الرياح المحملة بالرمال، فتتكون عدة أوجه تصقلها وتبريها الرياح، فينشأ عن ذلك أن

يتحول الحصى إلى أشكال مثلثة أو رباعية أو خماسية أو متوازية الأوجه والحواف (شكل ٩-٦).



شكل ٩-٦. نشأة الوجهريحيات بفعل الرياح.

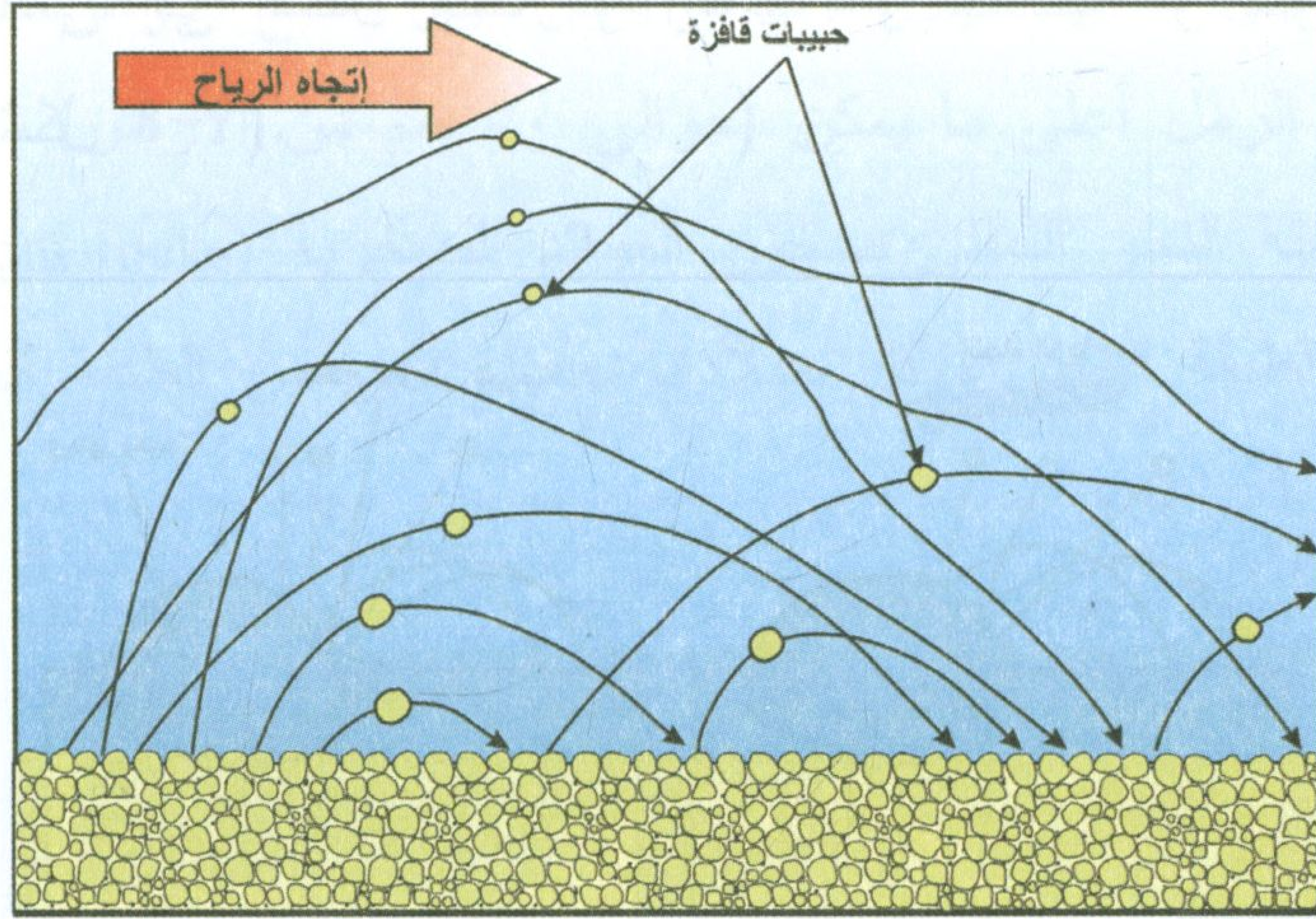
التأثير البنائي للرياح (النقل والترسيب)

(Constructive Effect of Winds "Transportation and Deposition")

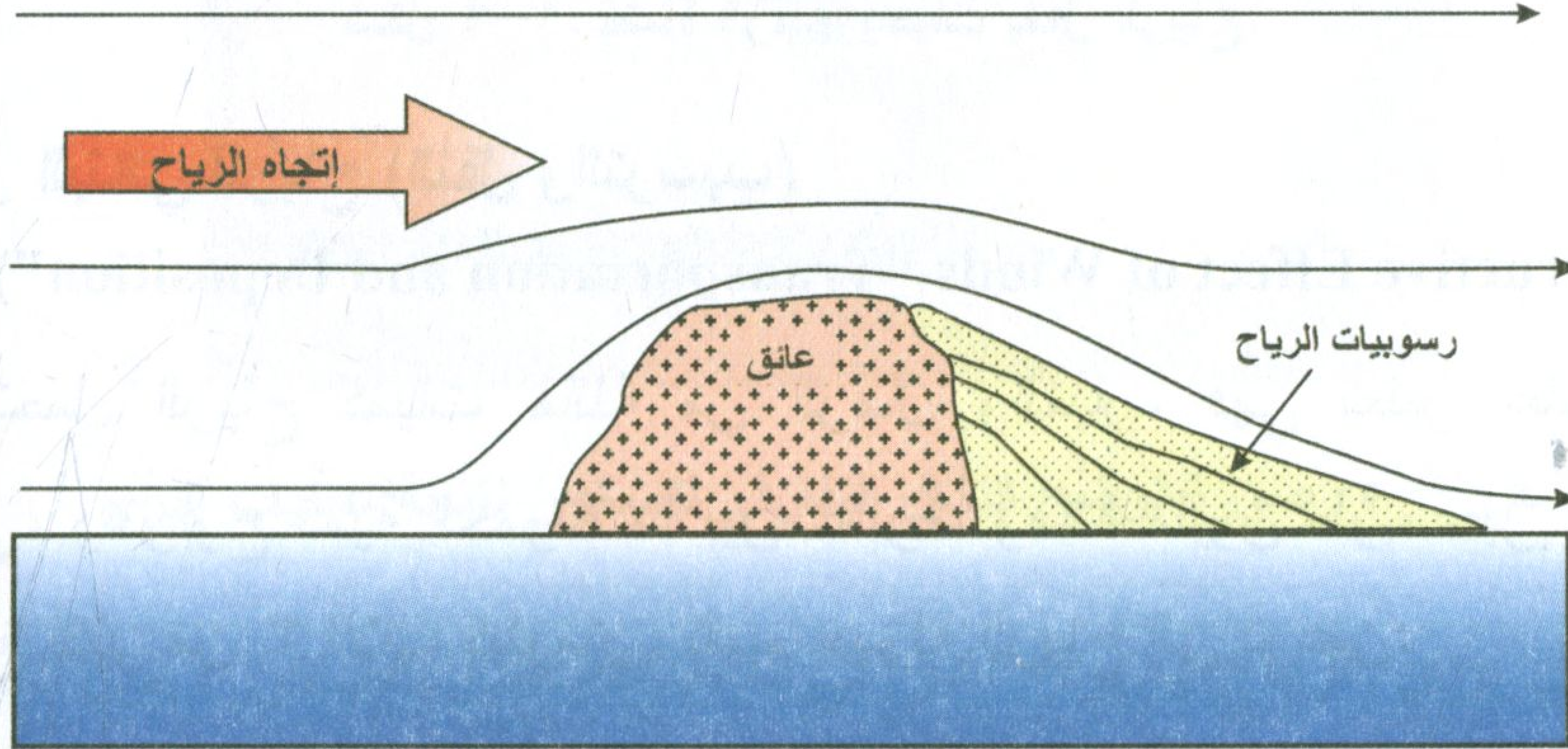
تحمل الرياح كميات هائلة من الرمال والغبار، فهي تعتبر عامل نقل طبيعي، وتتراوح كمية الحمولة ما بين عشرة، ومائة مليون طن، عبر مسافات قد تبلغ أكثر من ٣ آلاف كيلومتر. تقسم حمولة الرياح إلى نوعين:

١- حمولة معلقة (suspended load): وهي حبيبات لا يتجاوز حجم الواحدة منها عن ١/٤ مليمتر (رمال ناعمة وغرين)، وأقصى حجم يمكن أن تحمله الرياح معلقاً ١/٣ مليمتر.

٢- حمولة متحركة (transported load): وهي تتكون من رمال تتحرك بالقرب من سطح الأرض، بقوة الرياح (شكل ٩-٧). تترسب حمولة الرياح بالتدريج عندما تهدأ حدتها، أو عندما يقابلها عائق طبيعي أو صناعي (شكل ٩-٨).



شكل ٩–٧. رسم توضيحي للحمولة القافزة والمتحركة للرياح.



شكل ٩–٨. رسم توضيحي لتكّون رسوبيات الرياح خلف العوائق.

أنواع رواسب الرياح (Types of Wind Deposits)

تعتبر تراكمات الرمال الهائلة أهم ظواهر الإرساب بواسطة الرياح. وقد تنتشر الرمال فوق مساحة تقدر بآلاف الكيلومترات المربعة، وبسمك كبير يحجب رؤية الأساس الصخري تماما. وتتباين أشكال سطح بحار الرمال هذه تباينًا عظيمًا، وغالبًا ما يكون نمط الكثبان المنفردة معقدا غاية التعقيد. تتكون

التجمعات الرملية (sand accumulations) على مساحات محددة بالقرب من شواطئ البحار، أو على ضفاف الأنهار، وتتكون أيضًا على مساحات شاسعة في المناطق الصحراوية، وهي تتخذ أشكالاً مختلفة، أهمها:

(أ) الظلال الرملية

وهي الرمال التي تترسب بسبب وجود عائق ثابت في مسار الرياح.

(ب) الكثبان الرملية

وهي تجمعات رملية ذات أحجام وأنواع مختلفة وهي نوعان، كثبان شاطئية وكثبان صحراوية.

(ج) بحار الرمال

وهي تنتشر في المناطق الصحراوية حيث تغطي الرمال مساحات شاسعة من الصحراء (شكل ٩-٩).



شكل ٩-٩. التجمعات الرملية بالأراضي الصحراوية.

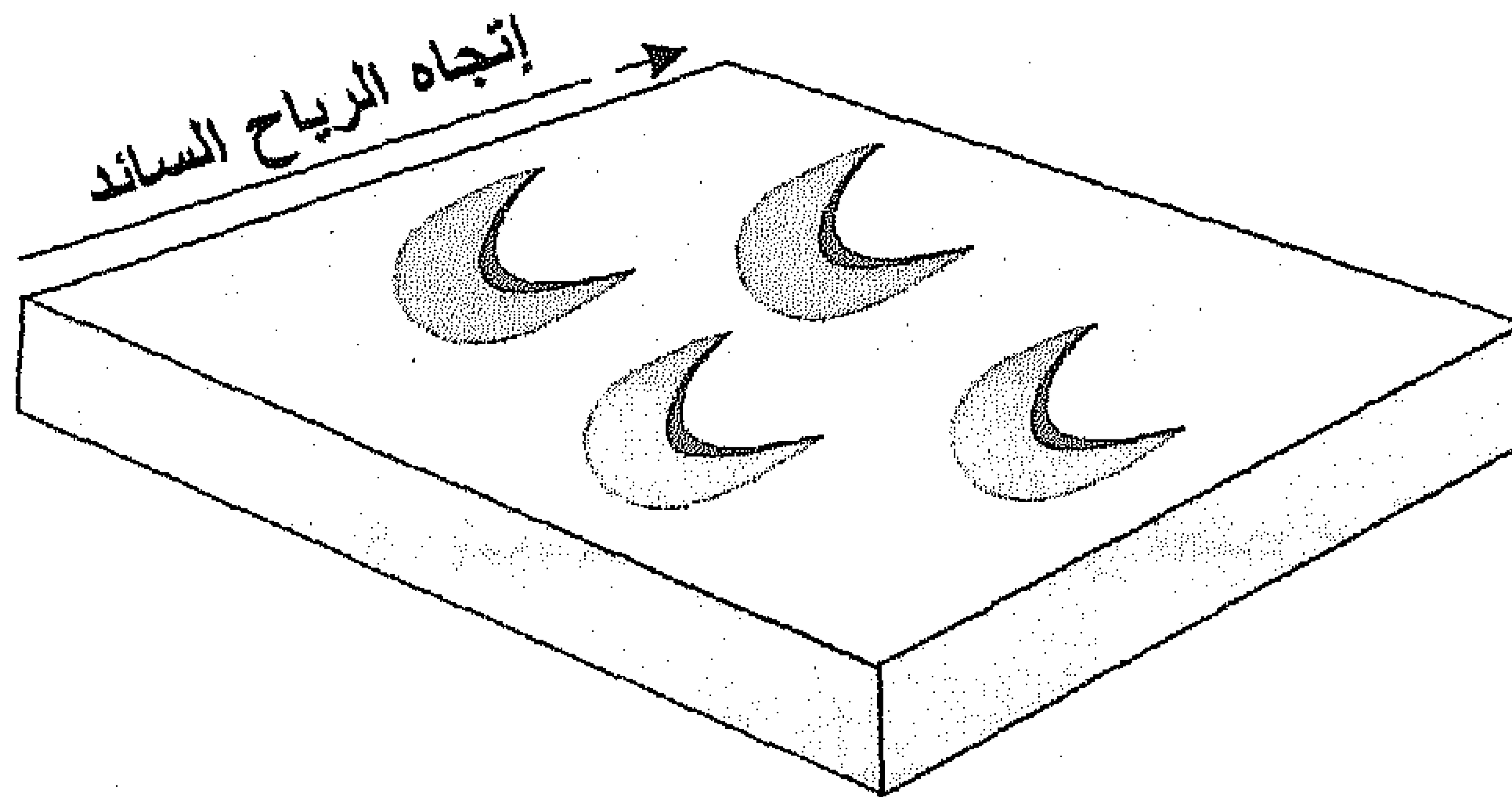
أشكال الكثبان الرملية (Shapes of Sand Dunes)

يعرف الكثيب على أنه كومة من الرمال المتحركة، لا تدين في نشأتها وتشكيلها إلى أي عائق ثابت أمام الرياح، سواء كان هذا العائق طبيعيًا أو

بشريًا، وعادة ما تتكون فوق السطوح المستوية. ويطلق على تجمعات الكثبان الرملية العديد من المسميات مثل المستعمرات الكثيبية (dune colonies)، أو السلاسل الكثيبية (dune chains)، أو الكثبان المركبة، أو التجمعات الكثيبية (dune complexes). تعد الكثبان الرملية أهم الظواهر الناجمة عن الإرساب الهوائي، وهى تتخذ العديد من الأشكال الجيومورفولوجية التي يمكن تصنيفها كالتالي:

أ- الكثبان الهلالية أو البرخان (Cresentric Dunes or Borchan)

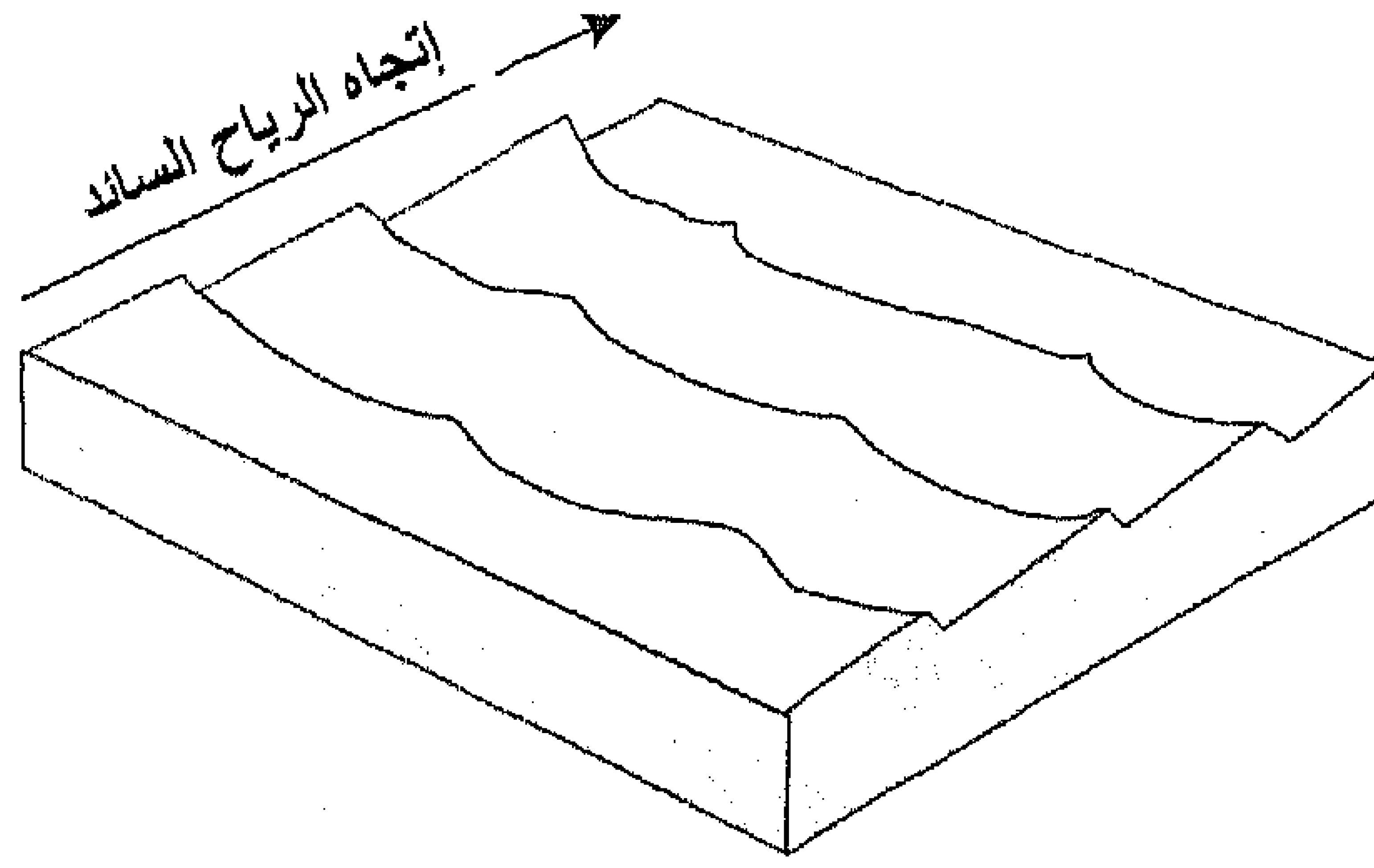
هي كثبان منفردة على شكل هلال، تشير رأسي الهلال إلى اتجاه الرياح (شكل ٩-١٠). تتكون في المناطق التي يكون فيها مصدر الرمال محدودًا، أو في أرضية صلبة. تهاجر الكثبان الهلالية ببطء بمعدل قد يصل إلى ١٥ مترًا في السنة. يتراوح ارتفاع الكثبان الهلالية بين ١ إلى ١٥ مترًا، ويتراوح العرض بين ٤٠ إلى ٧٠ مترًا، وقد يصل إلى ٣٠٠ متر. يكثر وجود الكثبان الهلالية بصحاري آسيا وأفريقيا.



شكل ٩-١٠. الكثبان الهلالية بالأراضى الصحراوية.

ب- الكثبان العرضية (Transverse Dunes)

هي عبارة عن صفوف من البرخان، اتجاهها عمودي على اتجاه الرياح، تفصلها عن بعضها أغوار (شكل ٩-١١). ينمو هذا النوع في المناطق الصحراوية التي تقابلها جبال عالية، حيث تصطدم الرياح بالجبال، وترتد في اتجاه عكسي لاتجاهها الأصلي. ينتشر وجودها فى حوض تاريم، وفى صحراء التركستان، وبداخل صحراء ثار بشمال غربي الهند.

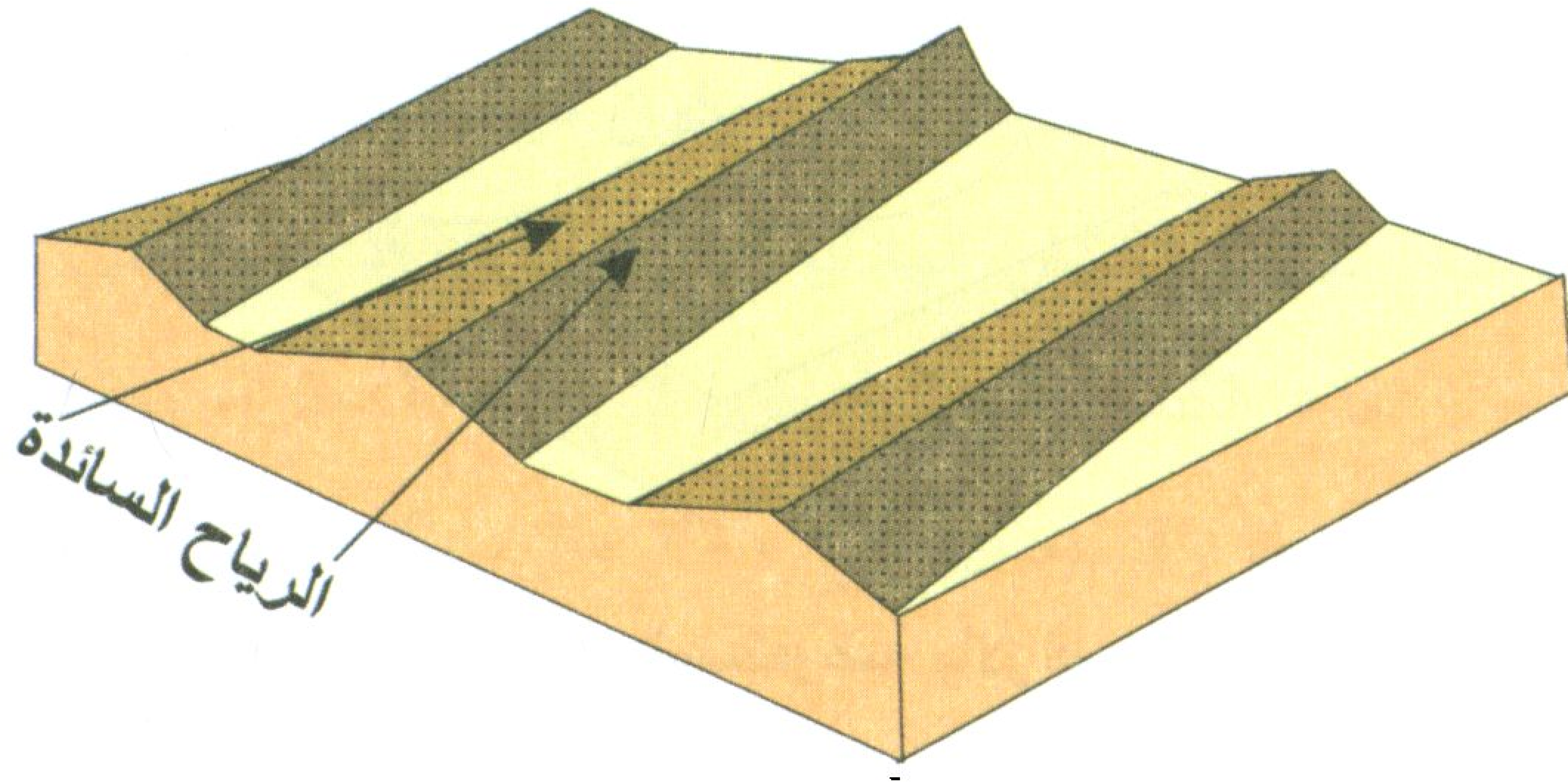


شكل ٩-١١. الكثبان المستعرضة بالأراضي الصحراوية.

ج- الكثبان الطولية أو السيفية (Longitudinal or Seif Dunes)

هي عبارة عن روابي طولية من الرمال، موازية لاتجاه الرياح، في أماكن ذات مصدر محدود للرمال. يتشكل هذا النوع من الكثبان في المناطق التي تسودها رياح تهب من اتجاه واحد، مع هبوب رياح قوية مستعرضة من اتجاه آخر بين الحين والحين (باجنولد ١٩٤١م). وقد تنشأ بعض الكثبان الرملية الطولية من تحوير شكل البرخانات. وفي البقاع التي تكثر فيها الكثبان الرملية وتتعدد، تؤدي هذه العملية إلى انتشار ظاهرة التحام واندماج البرخانات المنفردة، ونشوء سلسلة متتابعة من الكثبان الطولية شبه المتوازية (شكل ٩-١٢). ينتشر

وجود الكثبان الطولية في صحراء غرب استراليا، وصحراء ثار، والصحراء الكبرى الأفريقية، وفي صحراء مصر الغربية حيث تعرف باسم الغرود. ويتألف كل غرد منها من سلسلة من التلال الرملية، يبلغ طولها عشرات الكيلومترات، وأشهرها غرد أبي المحاريق، الذي يمتد مسافة يبلغ طولها نحو ٣٥٠ كم إلى الجنوب من منخفض القطارة، حتى مشارف الواحة الخارجة، وقد اشتقت رماله من تكوينات المنخفض الذي حفرته الرياح الشمالية الغربية السائدة، وتمتد السيوف الرملية في صحراء العرق بليبيا من الشمال الشرقي إلى الجنوب الغربي، تبعًا لاتجاه الرياح السائد هناك.

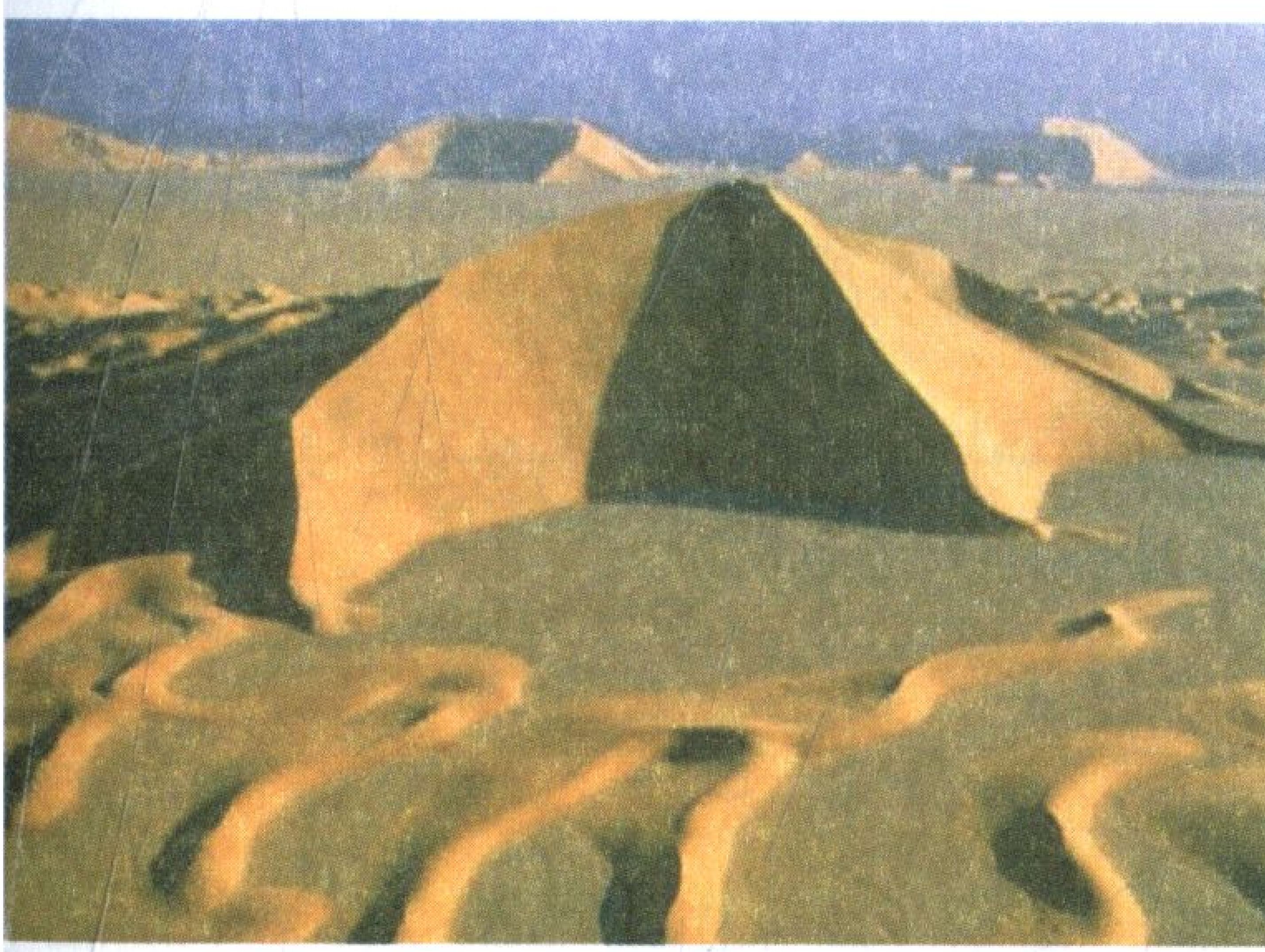


شكل ٩-١٢. الكثبان الطولية بالأراضي الصحراوية.

(هـ) الكثبان النجمية

(Star Dunes)

ينتشر هذا النوع من الكثبان الرملية في المملكة العربية السعودية، وهي عبارة عن تلال هرمية من الرمال. تتشكل الكثبان النجمية حينما تأتي الرياح في

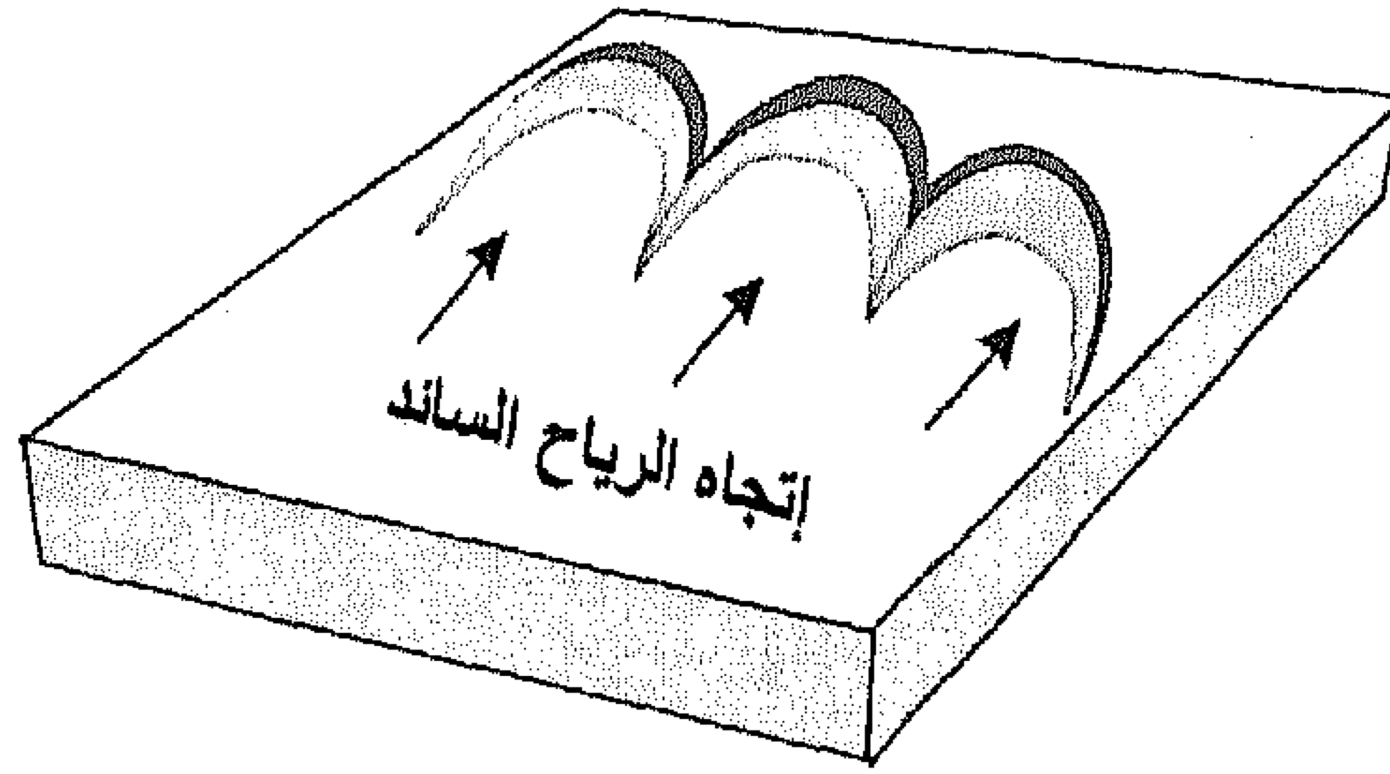


شكل ٩-١٣. كثبان نجمية الشكل في السعودية، قرب الحدود العمانية.

مناوبات من عدة اتجاهات، ويتناسب عدد أذرع النجوم الرملية، وطول كل ذراع منها مع اتجاهات الرياح السائدة (شكل ٩-١٣).

(و) كثبان قطاعات المكافئة (Parabolic Dunes)

يشبه هذا النوع من الكثبان الرملية الكثبان الهلالية، إلا أن رؤوسها تشير إلى عكس اتجاه الرياح. ينتشر هذا النوع من الكثبان في المناطق الساحلية عند توافر رياح قوية، ووفرة من الرمال. تغطى جزئيًا بالنباتات، وخصوصًا في أجزائها العليا، بينما تتعرض في مركزها إلى عوامل تذرية بفعل الرياح، مما يؤدي إلى تكون حفرة عميقة (شكل ٩-١٤).



شكل ٩-١٤. كثبان قطاعات المكافئة Parabolic dunes.

حركة الكثبان الرملية (Movement of Sand Dunes)

تتعرض الكثبان الرملية فوق الأراضي المنبسطة، إلى حركة دائبة بفعل الرياح الدائمة الهبوب، حيث تكتسح الرمال من الجانب المواجه لها من الكثيب، وتلقي بها في الجانب الظاهر لها منه، وبذلك يتحرك الكثيب حركة بطيئة، ولا تقف حركته إلا حين تعترضه الحشائش والنباتات، وتنمو فيه بدرجة تكفي لإيقاف الرمال عن الحركة وتثبيتها. تتوقف سرعة حركة الكثيب على حجمه، وحجم حبيبات الرمال المكونة له، ثم على قوة الرياح، ودوام هبوبها. كما يؤثر

التغير الفصلي لهبوب الرياح، واتجاهها، في تحركات الكثبان، فيتوقف استمرار تحرك الرمال في اتجاه واحد.

ويسبب تحرك الكثبان الرملية مشكلات خطيرة لسكان المناطق الصحراوية، حيث تطغى على الطرق، والأراضي الزراعية، والقرى، ولهذا تبذل الحكومات المزيد من الجهود لتثبيت حركة الكثبان الرملية، أو تقليل سرعة حركتها. ومن الطرق المتبعة لإيقاف زحف الرمال زراعة سطوح الكثبان الرملية بالحشائش الصحراوية، لتثبيت الرمال المحيطة بالأماكن العمرانية، أو زراعة الأشجار كالأثل أو غيرها من الأشجار التي تتحمل قلة الماء، ولها القدرة على وقف زحف الرمال، وذلك كمصدات شجرية، أو رش سطوح الكثبان الرملية بمواد تؤدي إلى تماسك حبيباتها، كالنفط الخام، أو المواد الكيميائية.

أسئلة وتدريبات

١- عرف ما هو المقصود بالآتى (فى سطرين فقط):

- التذرية:
- البري:
- الكثبان الهلالية أو البرخان:
- الكثبان المستعرضة:
- الكثبان الطولية أو السيفية:

2- Choose the correct answer

1- Which of the following agents of erosion deposits the most poorly sorted sediment?

- ☐ wind
- ☐ ice
- ☐ streams
- ☐ ocean currents

2- Which of the following are not related to wind erosion?

- ☐ loess
- ☐ ventifact
- ☐ deflation
- ☐ blowout

3- Ripples are generally oriented ________ to the current direction.

- ☐ parallel
- ☐ 30 degrees
- ☐ 45 degrees
- ☐ perpendicular

4- The process by which the ground surface is lowered by wind erosion is called _______.

- ☐ deflation
- ☐ inflation
- ☐ ablation
- ☐ none of these

5- How does desert pavement form?

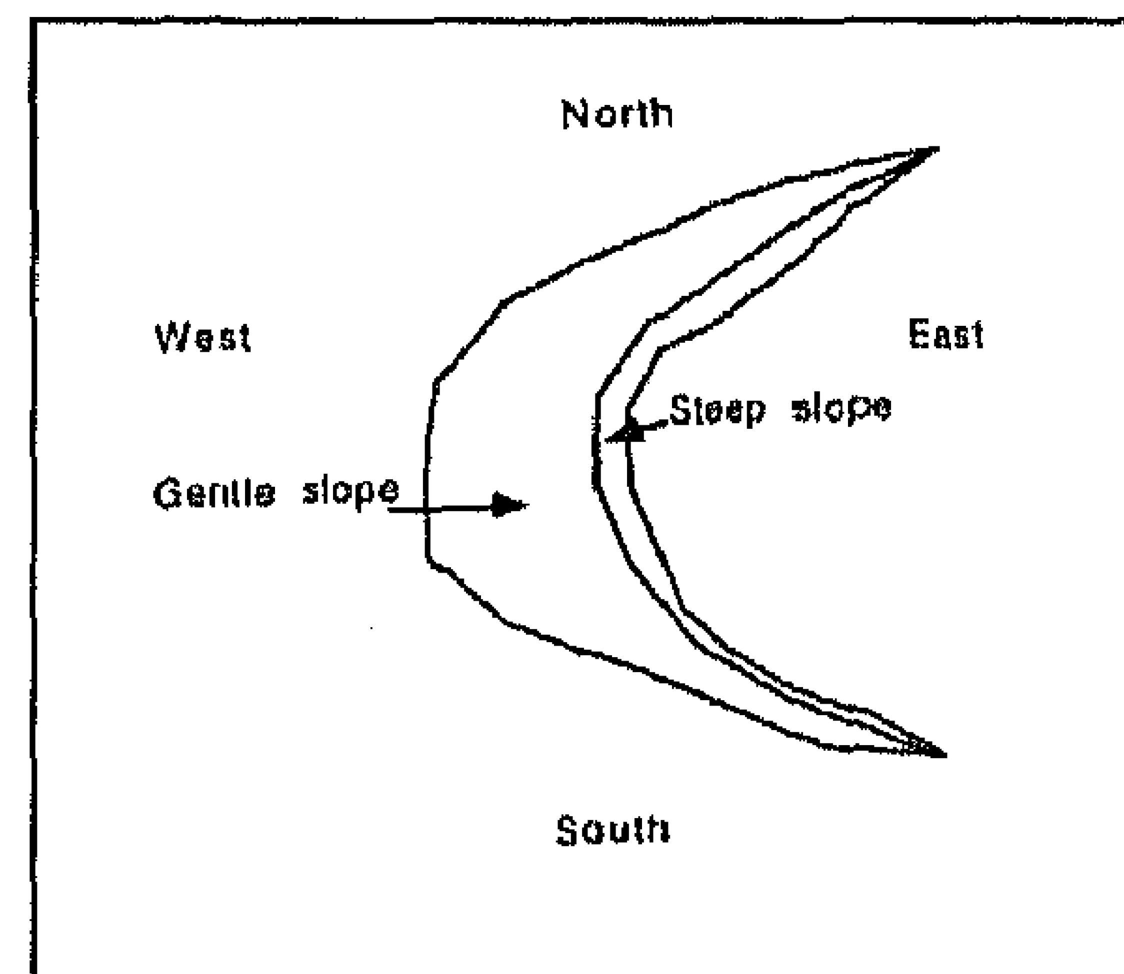
- ☐ by intense chemical weathering
- ☐ by stream erosion
- ☐ by intense mechanical weathering
- ☐ by wind erosion

6- Which of the following promote the development of sand dunes?

- ☐ strong winds
- ☐ a supply of loose sand
- ☐ dry climate
- ☐ all of these

7- This sand dune is a _______ dune.

- ☐ barchan
- ☐ transverse
- ☐ Longitudinal
- ☐ linear



8- The wind direction which would create this dune is _________.

- ☐ north to south
- ☐ south to north
- ☐ east to west
- ☐ west to east

9- Long sand ridges that are more or less parallel to the prevailing wind are called ______.

- ☐ barchan dunes
- ☐ longitudinal dunes
- ☐ transverse dunes
- ☐ blowouts

10- Oceans cover approximately __________ percent of the Earth's surface.

- ☐ 30
- ☐ 50
- ☐ 70
- ☐ 90

الباب العاشر

الشـــــواطئ (Beaches)

- مقدمة
- أنواع الأمواج
- التعرية بالأمواج
- المد والجزر

مقدمة (Introduction)



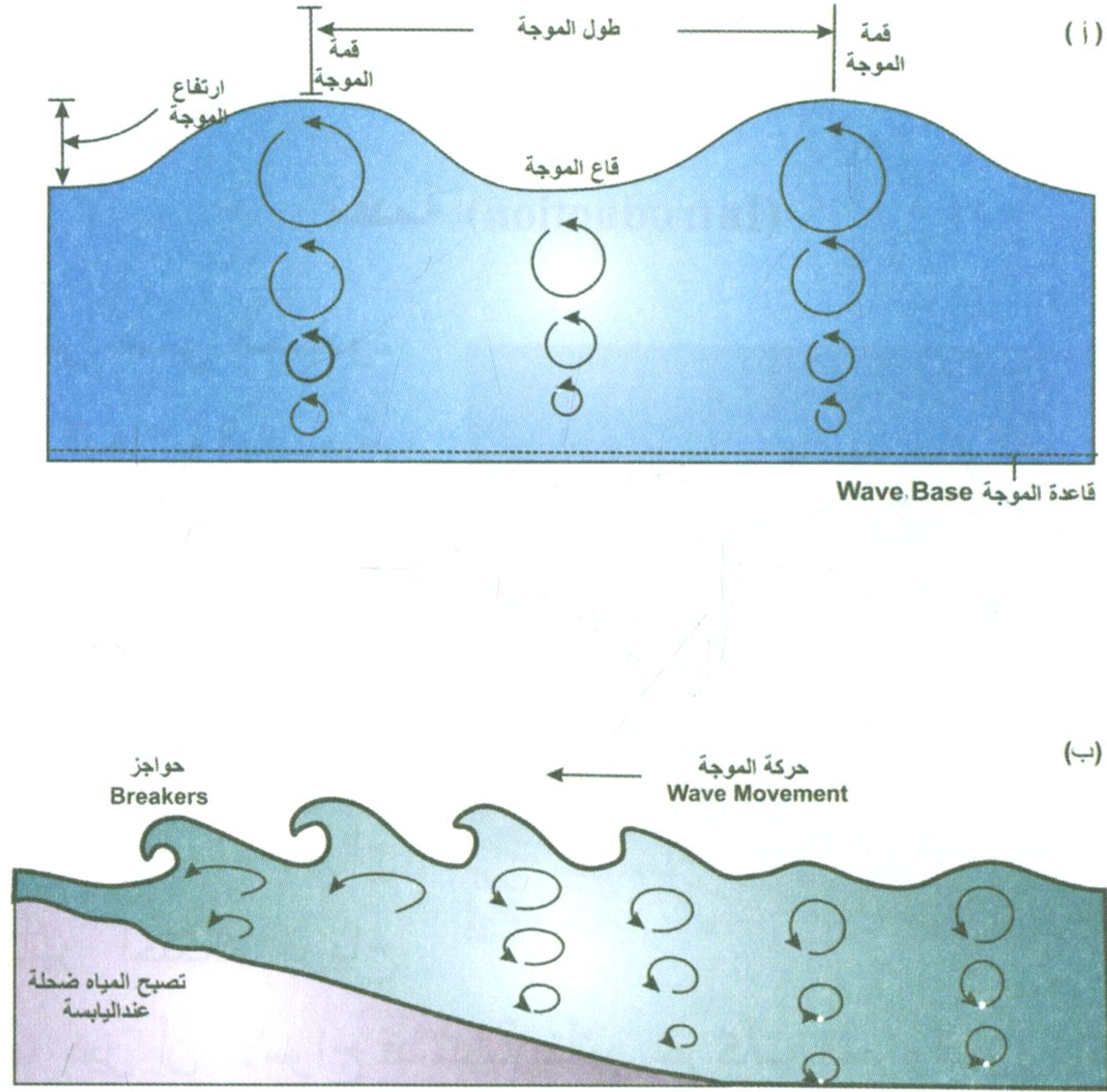
الشواطئ هي الحدود الطبيعية بين البحر واليابسة. تسمى تموجات البحر بالأمواج، وتستمد طاقتها من الرياح. تنشأ الأمواج عادة من هبوب الرياح والعواصف، فمعظم الأمواج ناتجة من تأثير احتكاك الرياح بسطح المياه، غير أن الأمواج قد تنشأ بتأثير حركات المد والجزر، كما تنشأ من تأثير الزلازل والثوران البركاني في قاع المحيط.

تسمى النهاية العلوية للموجة، بقمة الموجة، ويفصل بين كل قمتين متجاورتين ما يسمى بالقاع (شكل ١٠-١). تسمى المسافة العمودية بين القمة والقاع بارتفاع الموجة، بينما تسمى المسافة الأفقية بين قمتين متتاليتين بطول الموجة. زمن الموجة هو الزمن اللازم لمرور قمتين متتاليتين بنقطة ثابتة. تتأثر حركة الأمواج بثلاثة عوامل رئيسة:

(١) قوة وتوجيه الرياح التي تحدد طول الموجة،

(٢) مدى وجود عوائق تحد من قوة الرياح والأمواج مثل الجزر،

(٣) عمق المياه.



شكل ١٠-١. (أ) شكل الموجة والعناصر المكونة لها. (ب) موجات النقل.

أنواع الأمواج (Types of Waves)

١- موجات التذبذب (Waves of Oscillation)

في البحار المفتوحة تقتصر حركة الأمواج إلى الأمام، على شكل الموجة دون الماء، فجزيئات الماء تتحرك في دوائر أثناء مرور الموجات، وترجع إلى موقعها الأصلي بعد مرور الموجة، وتسمى موجات البحار المفتوحة بموجات التذبذب (شكل ١٠-١ب).

٢- موجات النقل (Water of Translation)

عندما تقترب الموجة من الشاطئ تكون المياه ضحلة. تلامس الموجة القاع عندما يصبح العمق يساوي نصف طول الموجة، ويتناقص طول الموجة.

تتناقص عند ذلك طاقة حركة الموجة، لاستعمال جزء من طاقتها في تحريك رسوبيات القاع إلى الأمام وإلى الخلف. تتناقص سرعة الموجة وطولها، حتى تصل إلى نقطة حرجة تنكسر وتنهار بعدها، وتصبح موجة نقل، حيث تنقل الماء متحركةً إلى الشاطئ (شكل ١٠-١ب).

التعرية بالأمواج (Erosion by Waves)

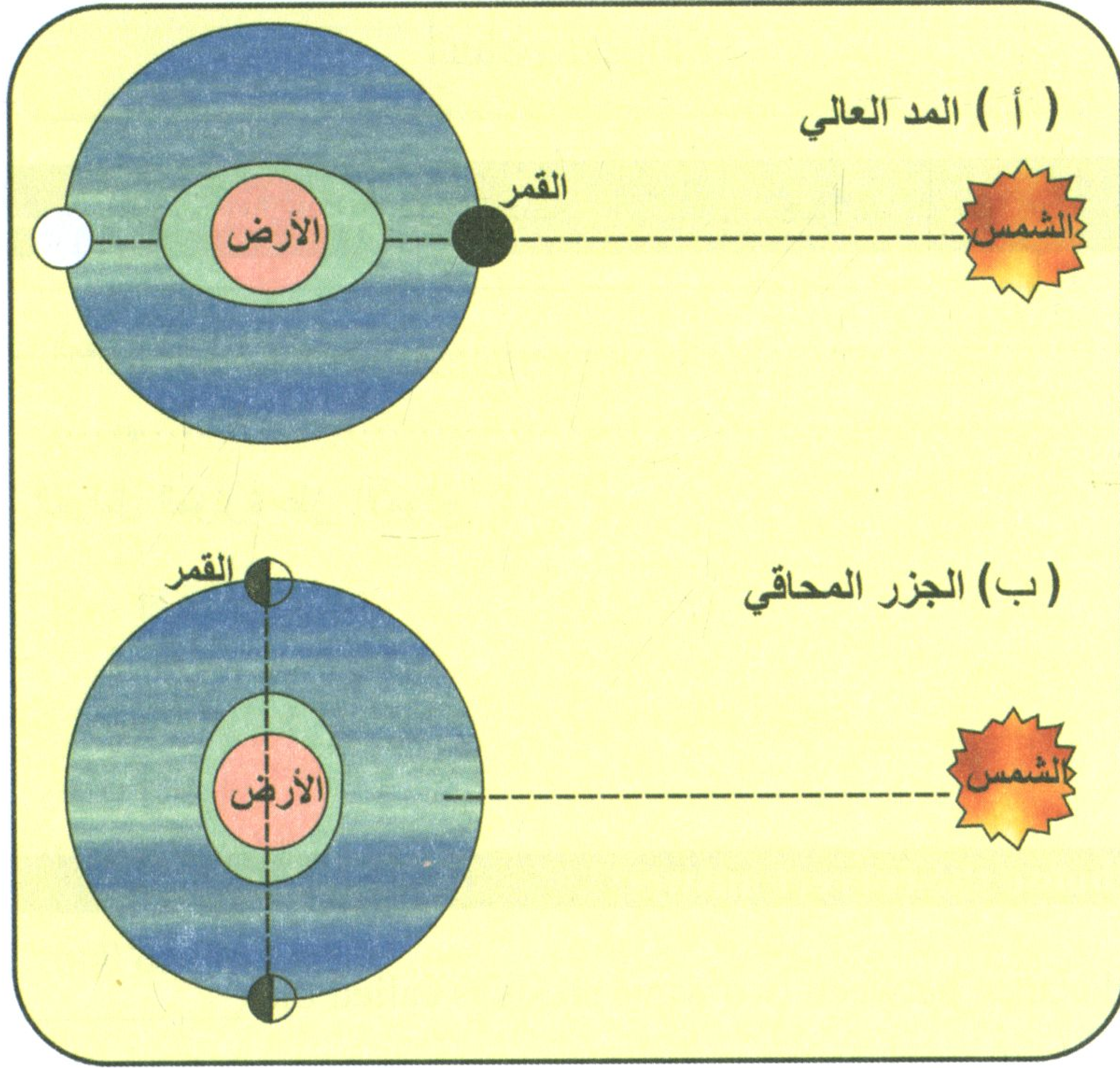
تنشط الأمواج أثناء العواصف البحرية. تحدث تعرية وتهشم الشواطئ والجروف نتيجة اصطدام الأمواج بها، فتحدث بها التشققات والتصدعات نتيجة دفع آلاف الأطنان من الماء على اليابسة. يعتبر انهيار الجروف، وتآكل السواحل بفعل التعرية البحرية، بالإضافة إلى عوامل التعرية الأخرى، من الأمور الخطيرة التي تهم المدن الساحلية، والقائمين على حمايتها، خصوصا إذا ما كانت تلك النطاقات منتجة، ومعمورة. بالإضافة إلى عمليات التعرية التي تشهدها السواحل البحرية، فإنها تشهد عمليات ترسيب، أي أن نطاق الساحل يتلقى نتاج التعرية البحرية من الرواسب، كما ترد إليه رواسب عوامل التعرية الأخرى، كالرواسب النهرية، والجليدية، والهوائية. عمليات التعرية البحرية نشطة بشكل يمكن متابعته، ودراسته، وقياس تغيراته. فمن السهل دراسة فعل الأمواج المتكسرة الهدامة، وتلك المتهادية البناءة، وملاحظة حركة المواد من الحصى البحرية، والرمال، وهي تتحرك فوق سطح الشاطئ صعودًا نحو اليابس ونزولاً لاتجاه البحر، وعلى امتداد الشاطئ مع تيار الدفع الناشئ من طبيعة حركة الأمواج.

المد والجزر (Tidal Currents)

ظاهرة المد والجزر عبارة عن موجات كبيرة يترتب عليها طغيان مياه البحر على مساحات من اليابسة، وتلاحظ خاصة عند الشواطئ المنبسطة، ثم لا

يلبث أن ينحصر عنها في فترات دورية متعاقبة، وتعرف حركة طغيان الماء بالمد، ويعرف انحسار الماء عن اليابسة بالجزر. يعتبر المد والجزر نتاج قوة جاذبية القمر، وإلى حد ما الشمس (شكل ١٠-٢). تنشأ حركة المد والجزر بفعل جاذبية الشمس والقمر لمياه البحار والمحيطات، ولأن القمر أقرب إلى الأرض، فتأتير جاذبيته تكون أكبر، رغم صغر حجمه، ويمكن القول بأن جاذبية القمر، هي أهم عامل في حدوث المد والجزر، ولكن هنالك عامل آخر وهو قوة الطرد المركزية الناتج عن دوران الأرض حول نفسها. يعظم حدوث المد عند وقوع كل من الأرض والقمر والشمس على استقامة، حيث تضاف قوة جذب الشمس إلى قوة جذب القمر (شكل ١٠-٢أ)، ويعرف المد في هذه الحالة باسم المد العالي (spring tides). أمّا إذا وقع القمر والشمس على طول ضلعي زاوية قائمة بالنسبة للأرض، فتضعف أو تُقلل قوة جذب الشمس (solar tides)، من تأثير قوة جذب القمر (lunar tides)، للمسطحات المائية على الأرض، وعلى ذلك يقل منسوب المد، ويعرف في هذه الحالة باسم الجزر المحاقي (neap tides) (شكل ١٠-٢ب).

يحدث المد والجزر مرتين كل يوم، "مرة كل ١٢ ساعة"، لأن أجزاء سطح الأرض تمر في أثناء دورتها أمام القمر، فيحدث المد في الأماكن المواجهة للقمر، ثم لا يلبث أن يحدث الجزر عندما تبتعد هذه الأماكن عنه، ويختلف ارتفاع المد باختلاف موقع القمر في مداره بالنسبة لكل من الأرض والشمس. لحركات المد والجزر أهمية بالغة فهي تعمل على تطهير البحار والمحيطات من كل الشوائب، وكذلك تطهير مصبات الأنهار والموانئ من الرواسب، كما أنها تساعد السفن على دخول الموانئ التي تقع في المناطق الضحلة. ولكن المد الشديد قد يشكل خطرًا على الملاحة وخاصة في المضايق.



شكل ١٠-٢. حركتي المد والجزر بفعل جاذبية الشمس والقمر لمياه البحار والمحيطات.

العوامل المؤثرة فى اختلاف معدلات المد والجزر

١) شكل المسطح البحري (مفتوح – شبه مغلق).

٢) شكل خط الساحل ودرجة تعرجه.

٣) مدى تداخل الخلجان البحرية داخل اليابس.

٤) العمق وشكل القاع.

٥) دائرة عرض المكان (الموقع الفلكي).

٦) اتجاه الرياح السائدة.

٧) اتجاه التيارات البحرية السائدة.

أسئلة وتدريبات

١- أجب على الأسئلة التالية:

(١) عرف المقصود بالمد والجزر:..

....

(٢) اذكر العوامل المؤثرة على الأمواج ؟

أ-

ب-

ج-

2- Choose the correct answer

1- The distance between two wave crests is called the __________.

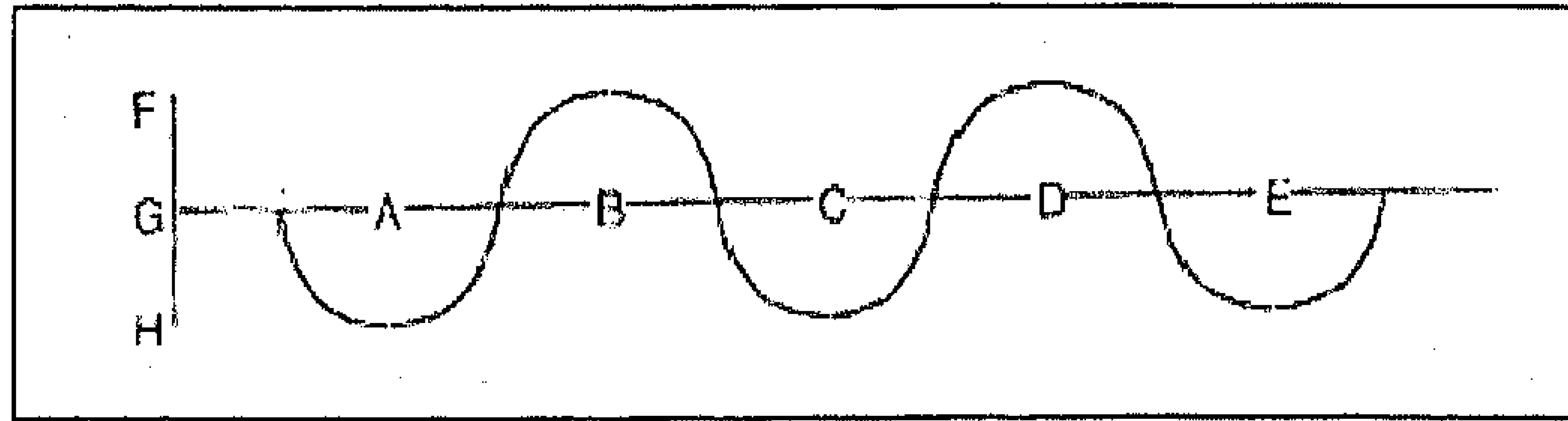
- ☐ wavelength
- ☐ wave height
- ☐ throw
- ☐ period

2- How many high tides are there in a day?

- ☐ 1
- ☐ 2
- ☐ 3
- ☐ 4

3- What causes the tides?

- ☐ wind
- ☐ seismicity
- ☐ ocean currents
- ☐ gravity



4- In this diagram, the wavelength is the distance ________.

- ☐ A - B
- ☐ A - C
- ☐ A - D
- ☐ 3A - E

5- In this diagram, the distance F to G is called the ________.

- ☐ crest height
- ☐ trough height
- ☐ wave height
- ☐ total displacement

الباب الحادي عشر

تكتونية الألواح (Plate Tectonics)

- مقدمة
- نظرية انجراف القارات
- نظرية انفراج المحيط
- نظرية تكتونية الألواح

مقدمة (Introduction)

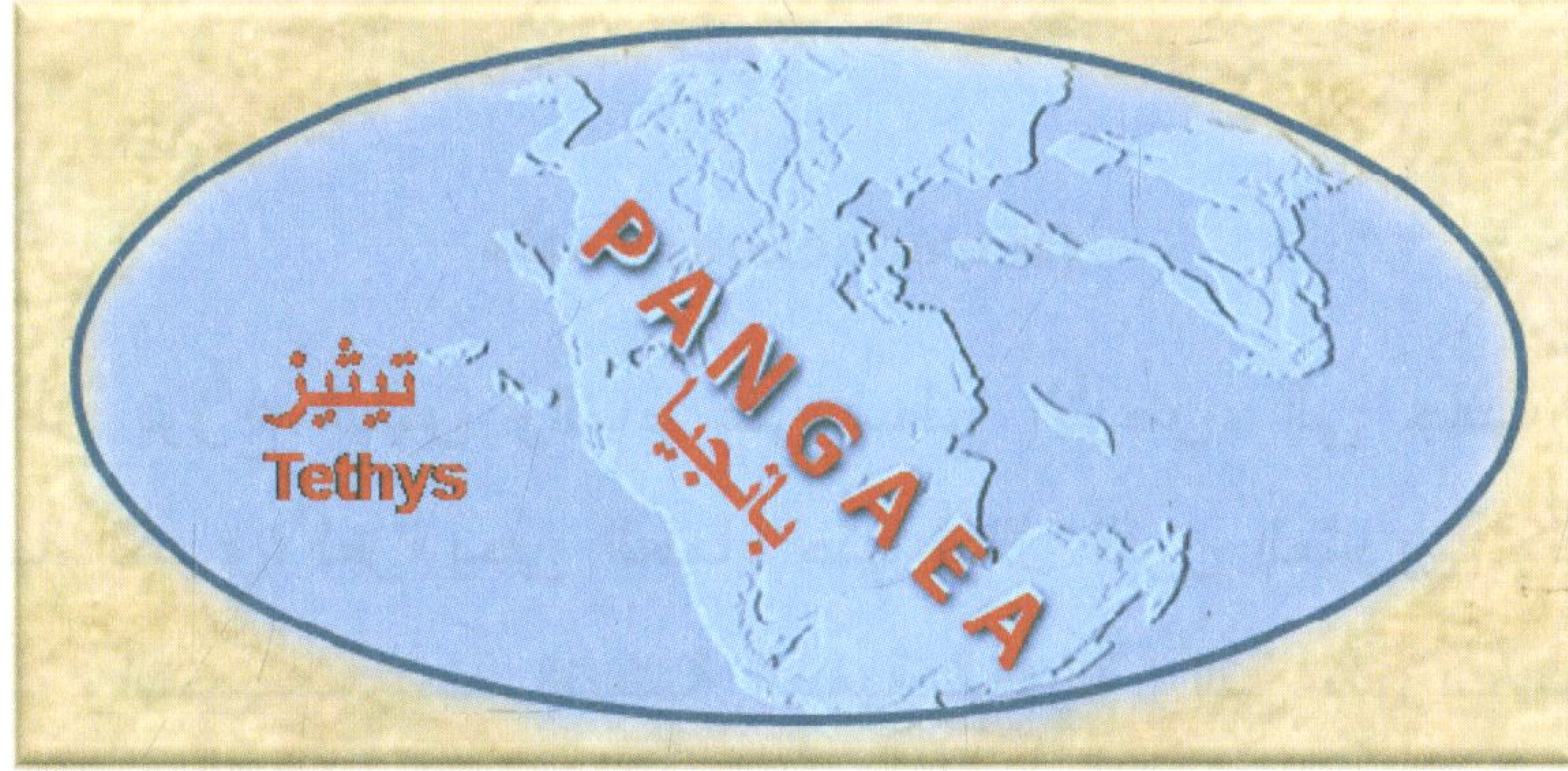
لقد ظل توزُّع اليابس والماء على سطح الأرض، إلى جانب الظواهر التضاريسية الكبرى، لغزًا يحير العلماء حتى أوائل القرن العشرين. وقد تعددت الاجتهادات والتخمينات، منذ النهضة العلمية الحديثة والتي ظهرت على شكل نظريات، تشرح توزُّع اليابس والماء، وكيفية تكوّن السلاسل الجبلية ومن هذه النظريات:

نظرية انجراف القارات (Continental Drift Theory)

وضع هذه النظرية العالم الألماني الفريد فجنر (Alfred Wegener) عام ١٩٢٢م (شكل ١١-١). افترض فجنر أن كل قارات اليوم كانت يومًا قارة كبيرة تسمى بانجيا (Pangaea)، ومحيط مائي واحد يسمى تيثيز (Tethys) (شكل ١١-٢). قُسّمت هذه القارة مرة واحدة إلى قارتين، إحداهما في الشمال، تسمى لوراسيا (Laurasia)، وأخرى جنوبية، تسمى جوندوانا (Gondwanaland). بدأت البانجيا في الانقسام، بينما انفصلت قارات أفريقيا، واستراليا، والقارة الجنوبية، وشبه القارة الهندية، التي تكّون جوندوانا مبتعدة كل واحدة عن الأخرى، كما انفصلت قارة أمريكا الجنوبية عن قارة أفريقيا في أثناء العصر الطباشيري (Cretaceous)، وكانت آخر القارات المنفصلة أمريكا الشمالية وجرينلاند من شمال أوروبا.



شكل ١١-١. الفريد فجنر.



شكل ١١-٢. الأرض قبل ٢٠٠ مليون سنة وهي عبارة عن قارة واحدة يابسة كبرى تسمى بانجيا ومحيط مائي واحد يسمى تيثيز.

الأدلة والبراهين التي أيدت نظرية انجراف القارات

(Evidences that Support Continental Drift Theory)

(١) التطابق الشكلي لحواف القارات (شكل ١١-٣).

(٢) وجود صخور غير عادية عند أماكن ربط القارات، تسمى هذه الصخور بالأفيوليت.

(٣) تشابه المغنطيسية القديمة للصخور التي تقع عند حواف الألواح المتطابقة.

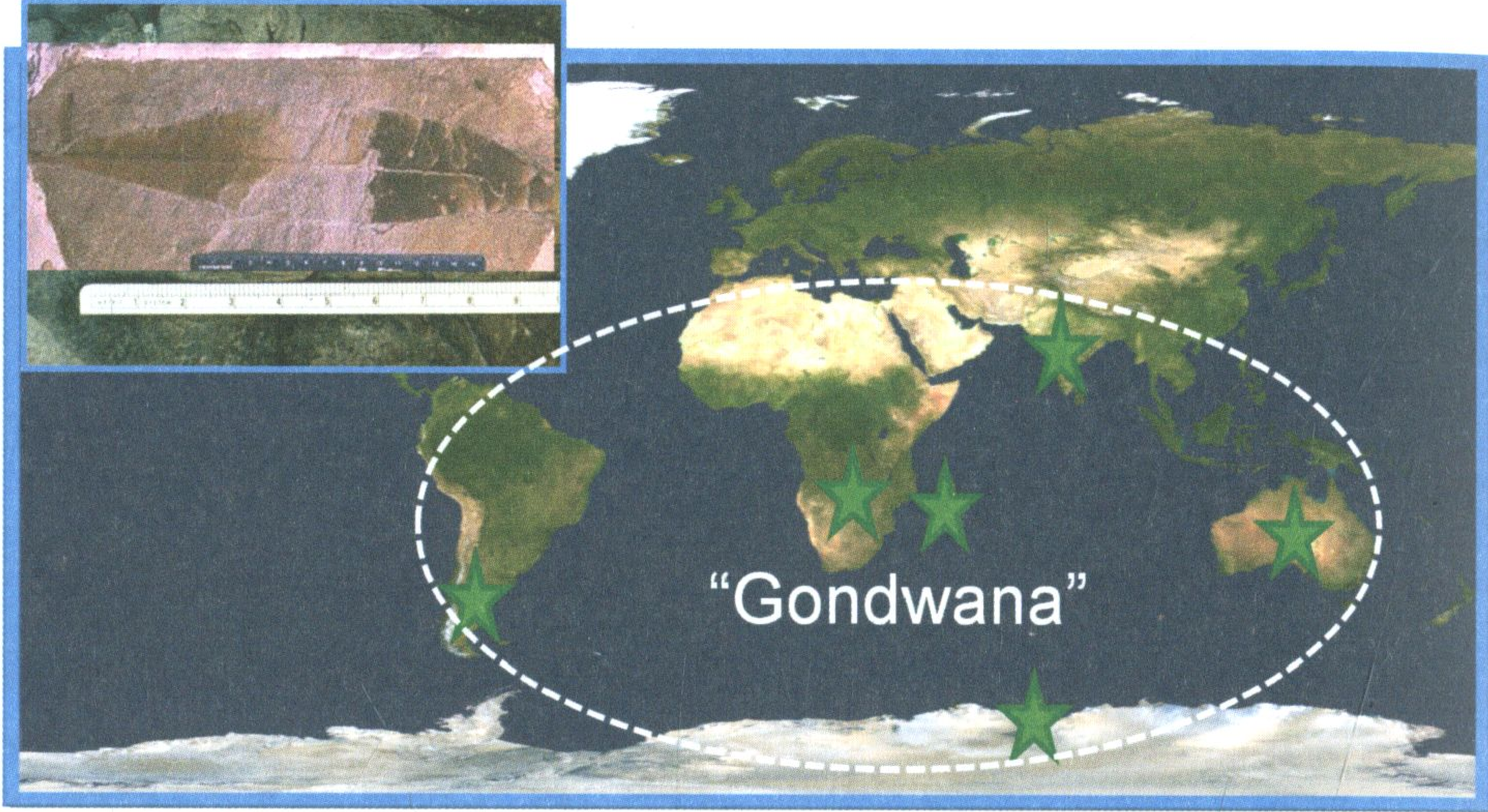
(٤) تشابه المناخ القديم عند حواف الألواح المتطابقة.

(٥) وجود أحافير (fossil) معينة في قارات مختلفة (شكل ١١-٤). لقد وجد فجنر أوراق نباتات قديمة تسمى جلوزوبيتريس (Glossopteris) في



شكل ١١-٣. تطابق حواف القارات.

قارات الجزء السفلى من الكرة الأرضية. واستدل فجنر من ذلك على أن هــذه القارات كانت كتلة واحدة في الماضي.



شكل ١١-٤. تبين النجوم التي بالرسم أماكن تواجد أحفورة من نباتات الجلوزوبيتريس. تبين الدائرة حدود قارة جندوانا (صورة توزيع القارات عن وكالة الفضاء الأمريكية NASA).

نقاط الضعف في نظرية انجراف القارات

(Points of Weakness in the Continental Drift Theory)

لم تلق النظرية، في بداية الأمر قبولاً، علاوة على ذلك لم يستطع فجنر الإجابة على عدد من التساؤلات الأساسية لمعارضيه، وهي تتركز في طبيعة القوى التي دفعت كتل القارات إلى التحرك، وآلية ذلك التحرك، حيث إن فجنر قد افترض أن هذه القارات قد انفصلت عن بعضها من القطبين، ناحية خط الاستواء، بسبب قوى الجذب المركزية ودوران الأرض حول نفسها. كما أثبتت الانتقادات التي وجهت لهذه النظرية أن القوى العكسية غير قادرة على حركة القارات، مثل حركة قارتي أمريكا الشمالية والجنوبية بسبب قوى المد والجزر.

لم تثن الاعتراضات الشديدة، والانتقادات الساخرة فجنر عن أن يمعن في الدفاع عن نظريته، باحثًا عن مزيد من الأدلة والشواهد لتدعيمها، والرد على معارضيه، حتى مات متجمدًا عام ١٩٣٠م في بعثة لاستكشاف الغطاءات الجليدية في جزيرة جرينلاند (greenland). ولم تكن وفاة فجنر نهاية المطاف لأفكاره، بل احتدم الجدل فيها بين مؤيديها ومعارضيها، ولم يحسمه إلا ما تمخض عنه استكشاف قاع المحيط، وبعض الأبحاث من حقائق جديدة، عززت تلك النظرية، ومهدت الطريق لنظرية تكتونية الألواح.

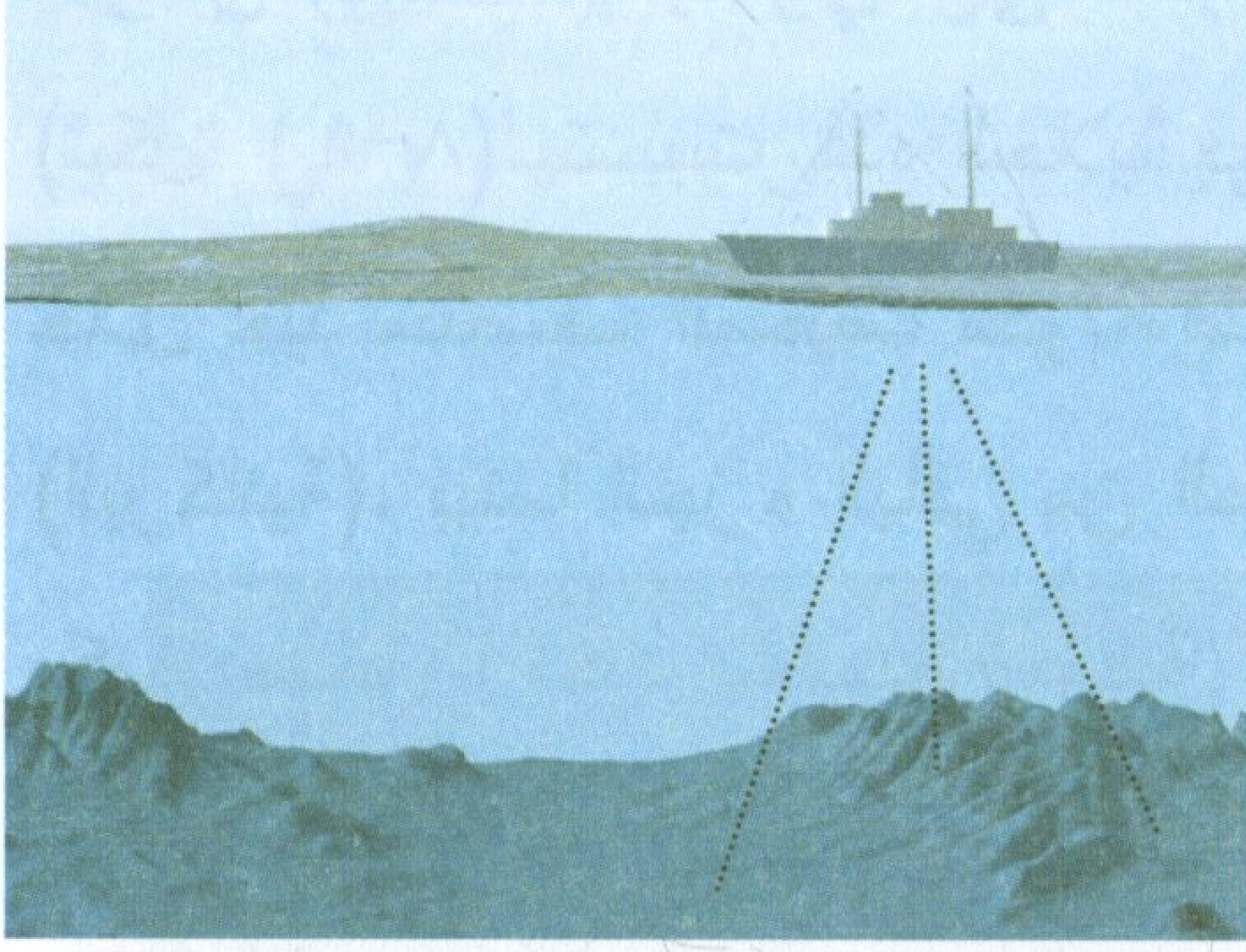
ثم قام هولمز (Holms) بالفكرة نفسها، وأضاف أن التيارات الحرارية، في صهير وشاح الأرض، هي التي تدفع القارات إلى التحرك، (نظرية تيارات الحرارة الصاعدة من وشاح الأرض (mantle thermal convection currents) (شكل ١١-٥). كانت القارات منذ حوالي ٥٠٠ مليون سنة في أماكن مختلفة تماماً عن مواقعها الحالية، وتسببت تيارات الحمل الحرارية في تحريك هذه القارات، حتى تكتلت مع بعضها البعض منذ حوالي ٢٠٠ مليون سنة لتكون القارة الوحيدة الضخمة بانجيا.



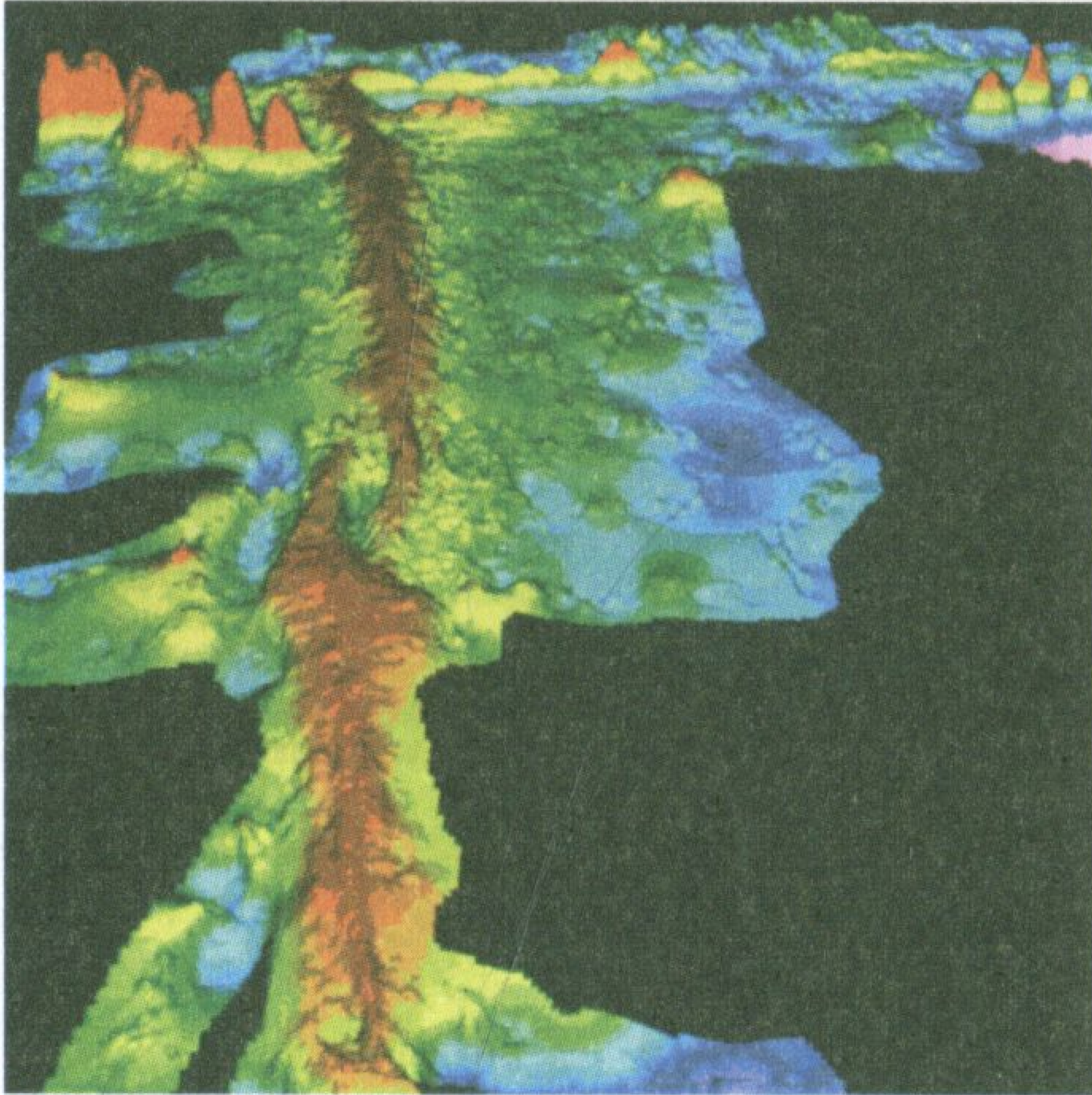
شكل ١١-٥. رسم يوضح مسارات تيارات الحمل الناتجة عن تسخين الماء. يحاكي الرسم ما يحدث في وشاح الأرض من حركة أيونات مكوناته، مشكّلة تيارات الحمل التي تسبب حركية الألواح.

نظرية انفراج المحيط (Hypothesis of Sea-Floor Spreading)

وضع هذه النظرية هارى هس (Harry Hess)، أثناء عمله كقائد لإحدى السفن الحربية الأمريكية، أثناء الحرب العالمية الثانية. اعتمدت هذه النظرية على نتائج عمليات مسح الصدى الصوتي في المحيط الهادى (شكل ١١-٦). توصل هس، إلى أن قيعان المحيطات تتكون نتيجة عمليات تدفق حراري ونشاط بركاني على امتداد مرتفعات بمنتصف المحيط، تسمى حيد منتصف المحيط (mid-ocean ridge). يوجد براهين عديدة تؤيد هذه النظرية، منها أن أحدث أجزاء المحيط تكون عند حيد منتصف المحيط، بينما أقدم الأجزاء تكون قريبًا من القارات. يوضح الشكل (١١-٧) خريطة طبوغرافية لجزء من حيد منتصف المحيط لمرتفع شرق المحيط الهادى (east pacific rise). يدل اللون الأصفر إلى الأحمر، على الأجزاء المرتفعة، بينما اللون الأخضر إلى الأزرق يدل على المناطق المنخفضة.



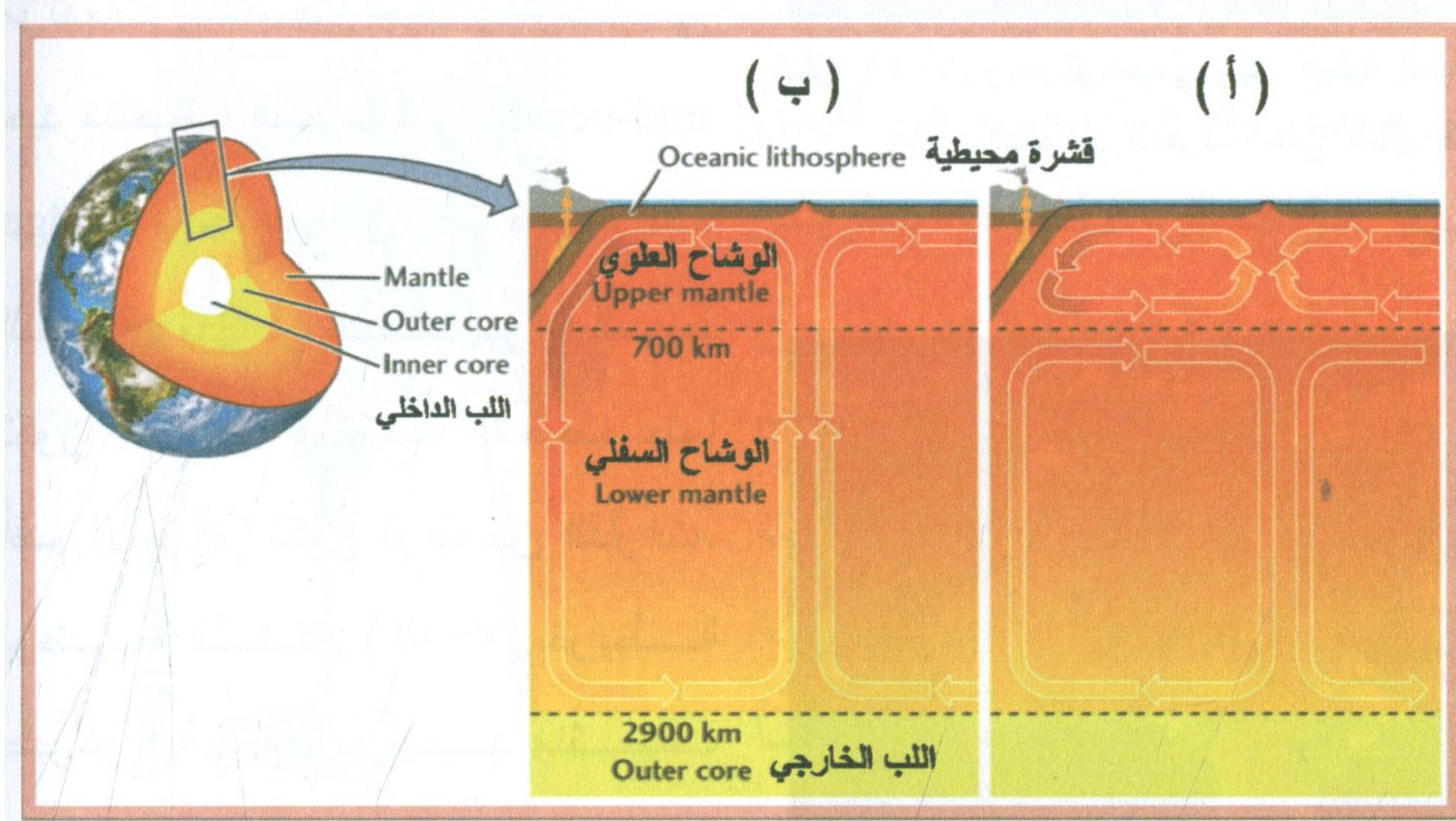
شكل ١١-٦. رسم توضيحي يبين عملية المسح الصوتي للتعرف على شكل قاع المحيط (عن تاربوك ٢٠٠٢).



شكل ١١-٧. صورة بالأقمار الصناعية تبين مرتفع شرق المحيط الهادى عند خط عرض ٩٠ درجة شمال (عن وكالة الفضاء الأمريكية NASA).

كيف يحدث انتشار قاع المحيط ؟

علينا أن نتذكر الآن ما سبق أن سردناه عن تركيب الأرض، وما هو مقصود بالليثوسفير والأستينوسفير (الباب الثاني). تبعًا لهذه النظرية فإن وشاح الأرض (mantle)، يحتوي على العديد من خلايا الحمل (convection cells) (شكل ١١-٨). تسببت هذه الخلايا في صعود جزء من الصهير إلى أعلى، من خلال حيد منتصف المحيط، مكونةً قشرة جديدة من الصخور السطحية (البركانية)، بينما الجزء الباقي من الصهير يندفع جانبيا تحت السطح، ويبرد مكونًا صخورًا تحت سطحية (جوفية).



شكل ١١-٨. رسم توضيحي يبين كيفية تحرك الألواح، وعلاقتها بحركة تيارات الحمل بالوشاح. (أ) تيارات حمل من النوع الطبقي (stratified convection)، (ب) تيارات حمل بجميع أجزاء الوشاح (whole-mantle convection) (عن بريس وآخرون Press *et al.*, 2004).

نظرية تكتونية الألواح (Plate Tectonic Theory)

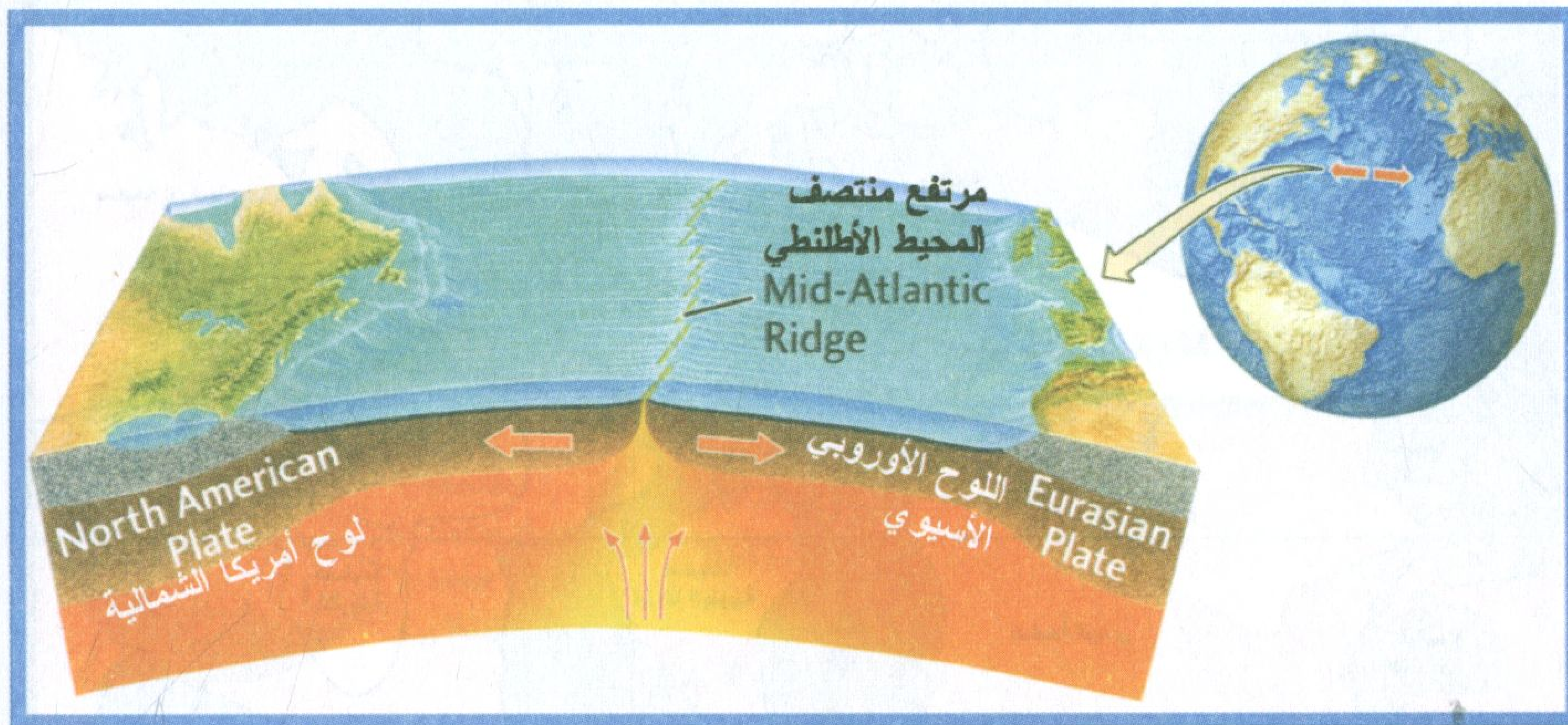
تقدم هذه النظرية اليوم، أساسًا لفهم أفضل لشكل سطح الأرض ومظاهره التضاريسية الكبرى، وهي تقول إن الطبقة الخارجية من الأرض مقسمة إلى عدد من الألواح (الصفائح plates)، يتجاوز اثنا عشر لوحًا، منها الكبيرة، ومنها الصغيرة (شكل ١١-٩). هذه الصفائح تتحرك نسبة إلى بعضها، وهي تطفو فوق طبقة من الصهير الصخري عالي الحرارة.

شكل ١١-٩. خارطة تبين توزيع الألواح المختلفة بالأرض (عن المساحة الجيولوجية الأمريكية USGS).

تتميز الألواح القارية والمحيطية بحركة دائمة خلال تاريخ الأرض الجيولوجي، ولقد حددت النظرية أنواع هذه الحركة بثلاثة، هي :

(١) الحواف التباعدية (Divergent Plate Boundaries)

هي حواف ألواح تتباعد عن بعضها البعض، وتعرف باسم الحركة البناءة، حيث من نتائجها بناء قشرة محيطية جديدة، وتحدث عادة في قيعان المحيطات. كما نرى فى الشكل (١١-١٠)، فإن هناك ما يسمى بعرف منتصف المحيط، حيث تتكون قشرة محيطية جديدة بإضافة صهير من باطن الأرض صاعدًا من خلاله. وبذلك يكون عمر القشرة أقدم كلما ابتعدنا عن منتصف المحيط . إضافة صهير بعرف منتصف المحيط، يؤدي إلى ابتعاد اللوحين عن بعضهما.



شكل ١١-١٠. نموذج لحركات ألواح متباعدة وتكون قشرة محيطية جديدة. (عن بريس وآخرون Press *et al.*, 2004).

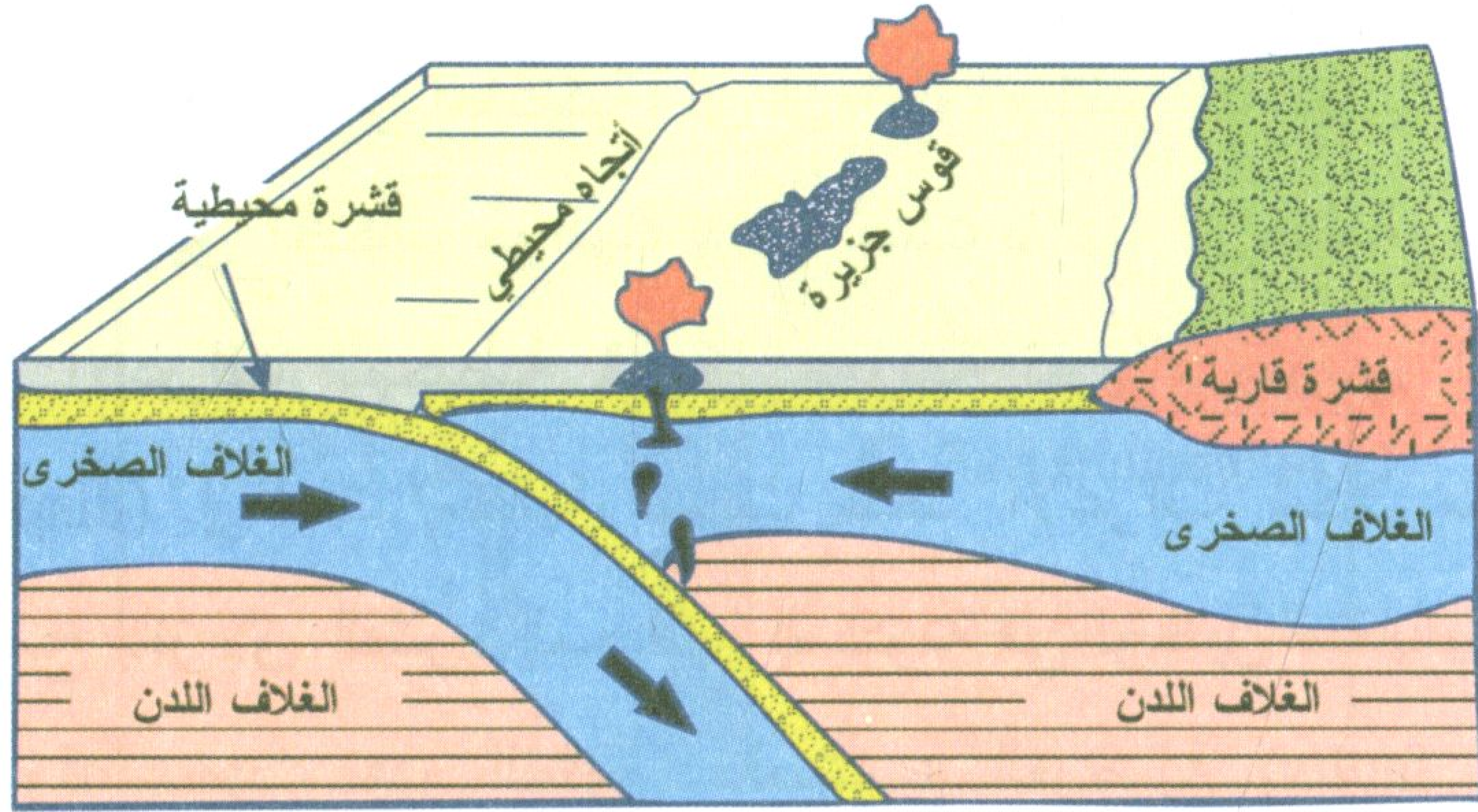
(٢) الحواف المتقاربة (Convergent Plate Boundaries)

تعرف باسم الحركة الهدامة، حيث تختفي أجزاء من الألواح المتقابلة وتغوص في العمق، إلى نطاق الأسثينوسفير، حيث تلقى نصيبها من الانصهار. هناك ثلاثة احتمالات للألواح المتقاربة:

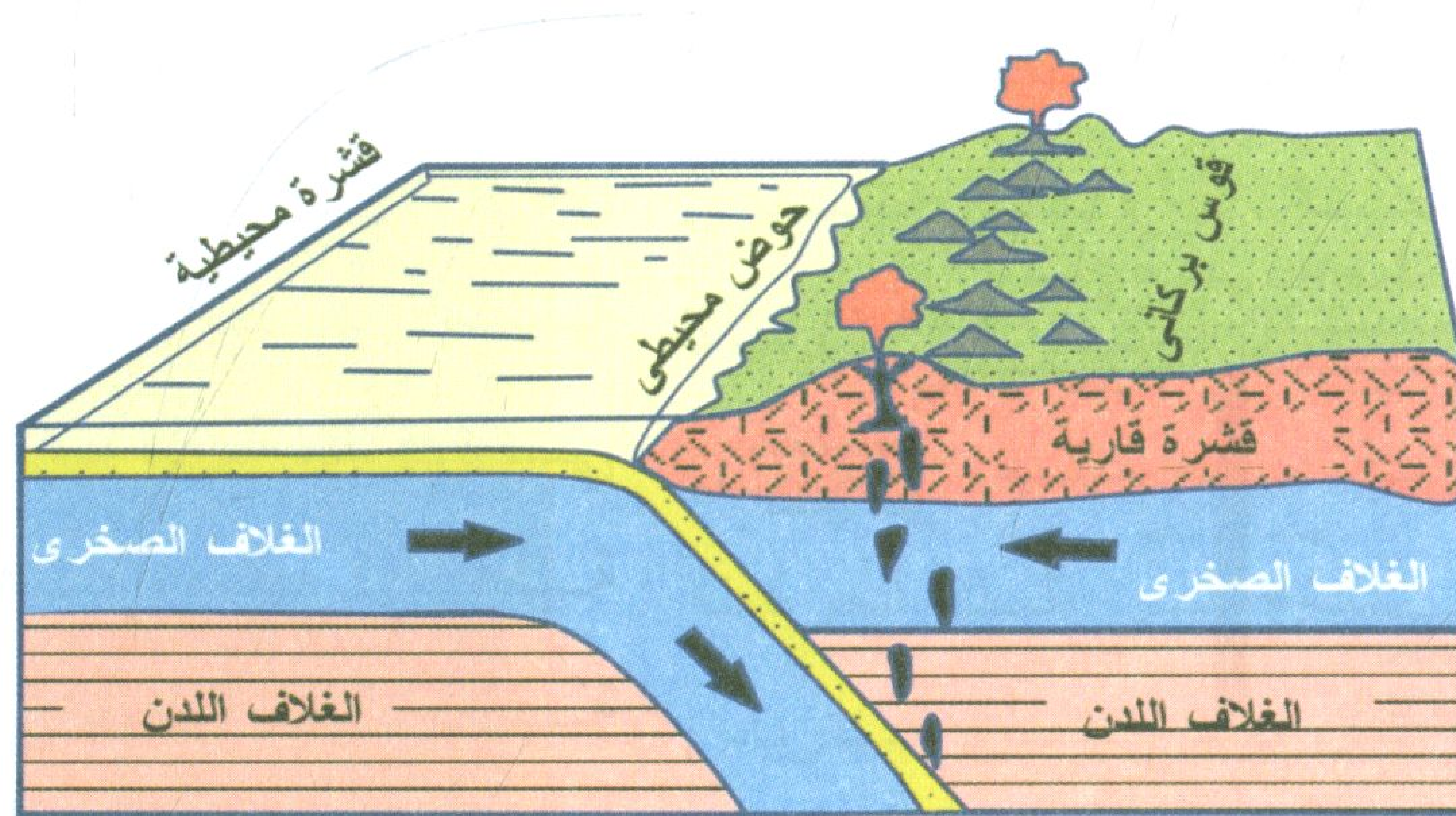
(أ) اندساس (subduction) لوحة محيطية تحت لوحة قارية (شكل ١١-١١). يؤدى انصهار اللوحة المحيطية المندسة، إلى إنتاج صهير أنديزيتى يصعد

إلى السطح، على هيئة براكين فى اللوحة الراكبة، وتسمى القوس البركاني (volcanic arc).

(ب) اندساس لوحة محيطية تحت لوحة محيطية (شكل ١١-١٢)، ولكن البراكين فى هذه الحالة تتكون على قاع المحيط، وتنمو هذه البراكين وتظهر قممها فوق سطح الماء، مكونة جزرًا صغيرة على اللوحة الراكبة، وتتراص هذه البراكين على هيئة قوس محدب فى اتجاه اللوحة المندسة ويسمى قوس جزيري (island arc).



شكل ١١-١١ . نموذج لاندساس لوحة محيطية تحت لوحة محيطية.



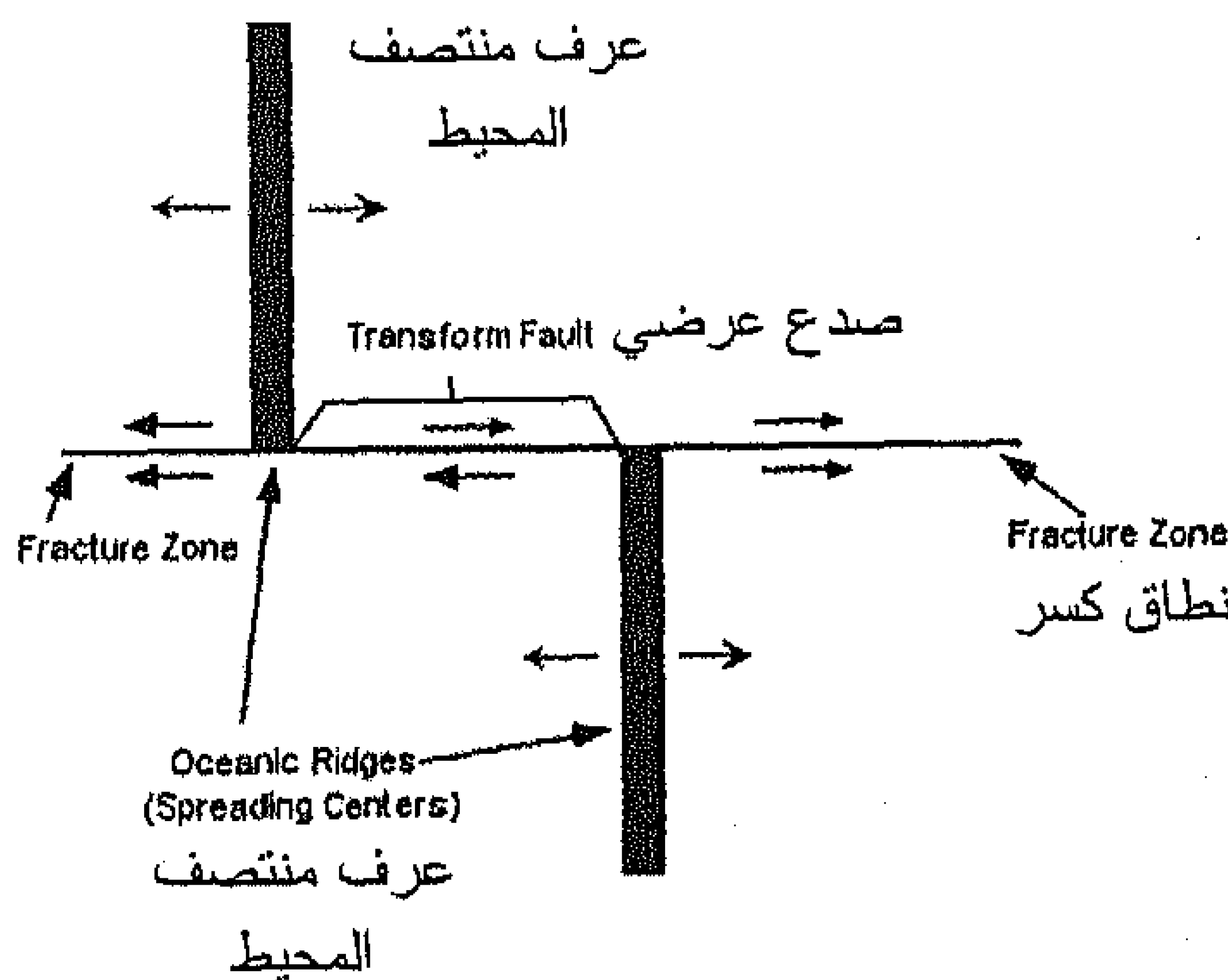
شكل ١١-١٢. نموذج لاندساس لوحة محيطية تحت لوحة قارية.

(ج) اصطدام لوحتين قاريتين (collision)، عندما تنصهر القشرة المحيطية التي بين قارتين نتيجة اندساسها، فإنه يحدث اصطدام بين القارتين، مما يؤدي إلى الالتحام، والارتفاع، لتكوين سلاسل الجبال من الصخور التي تتعرض للتشوه، والطي، والتصدع، والتحول، وقد يحدث انصهار جزئي للأجزاء السفلى، بسبب ارتفاع درجة الحرارة مما يؤدي إلى تكوين مجما حامضية أو فلسية (felsic or acidic magma).

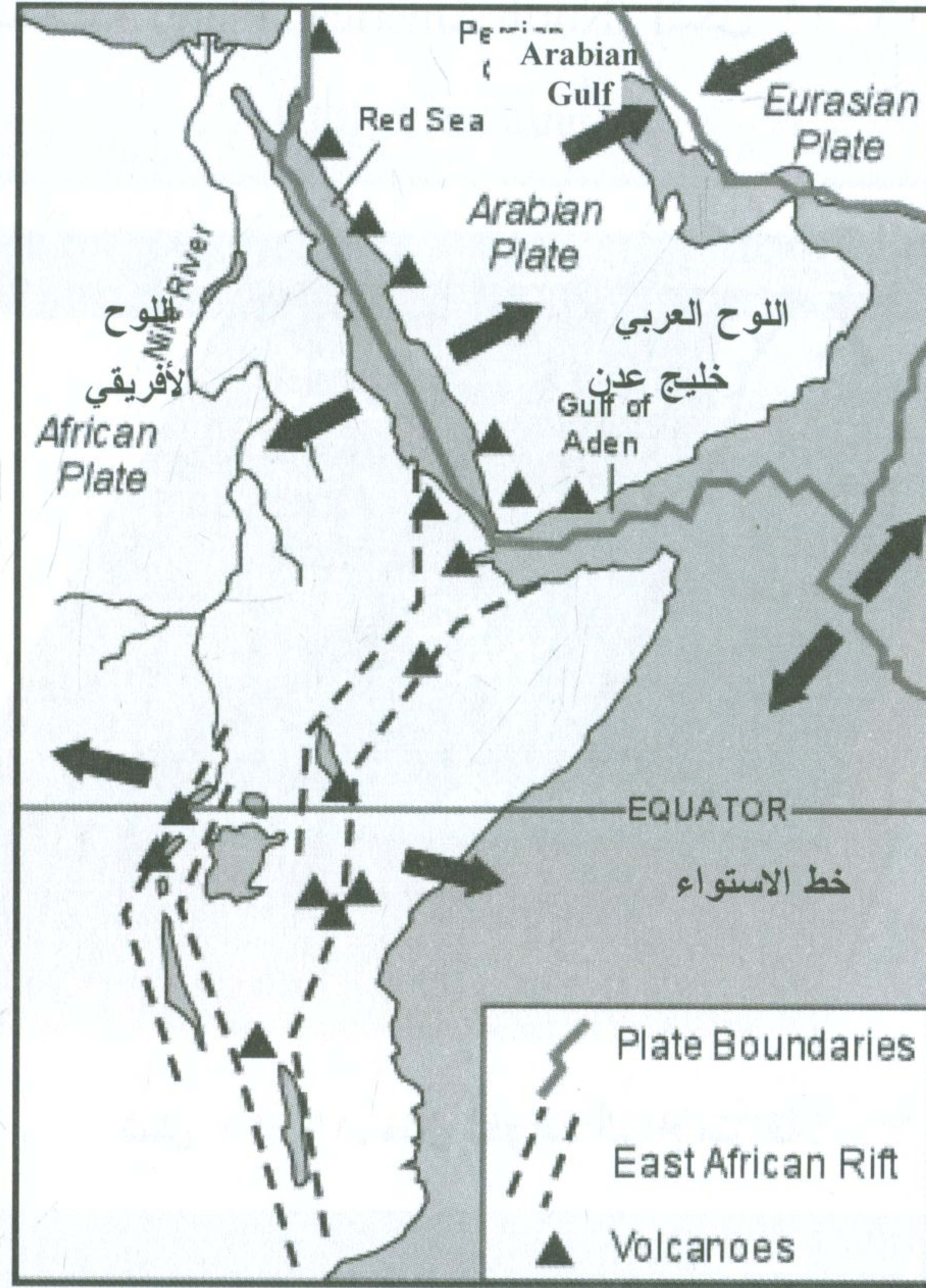
(٣) الحواف المنزلقة والصدوع العرضية (Transform Plate Boundaries)

هي حركة تحويلية أو احتكاكية، أي أن الألواح تغير أماكنها بالنسبة لبعضها البعض، عن طريق احتكاك حوافها، وهي ليست بناءة، أو هدامة، بل محافظة. تتقاطع مع الأعراف المحيطية شقوق عمودية تقريبًا، وتؤدي إلى إزاحتها (displacement) إزاحات متتالية، بحيث تتخذ الأعراف شكلاً سُلميًا، وهذه الشقوق تسمح بانزلاق القشرة المحيطية المتكونة في لوحتين متقابلتين بسرعتين مختلفتين. وقد سميت هذه الشقوق بالصدوع العرضية (transform faults) وتتميز بالإزاحة الأفقية (شكل ١١-١٣).

تمثل اللوحة العربية (Arabian Plate) واللوح الأفريقي (African Plate) أحد الأمثلة الحديثة لحواف قارية متباعدة في ثلاثة اتجاهات، وملتقية في نقطة واحدة تسمى بنقطة اتصال ثلاثية (triple junction) (شكل ١١-١٤).

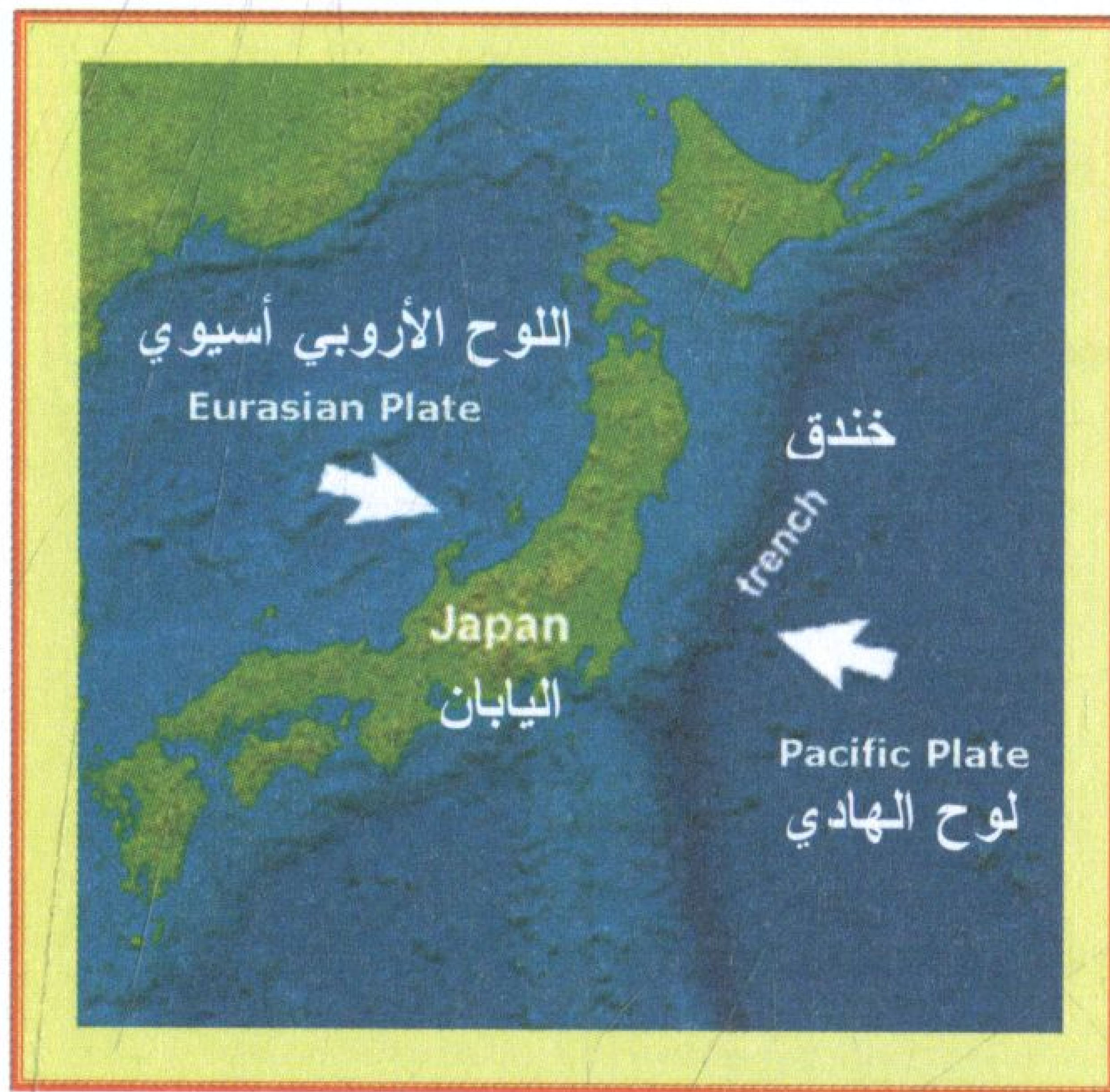


شكل ١١-١٣. إزاحة عرف منتصف المحيط بفعل الصدوع العرضية.



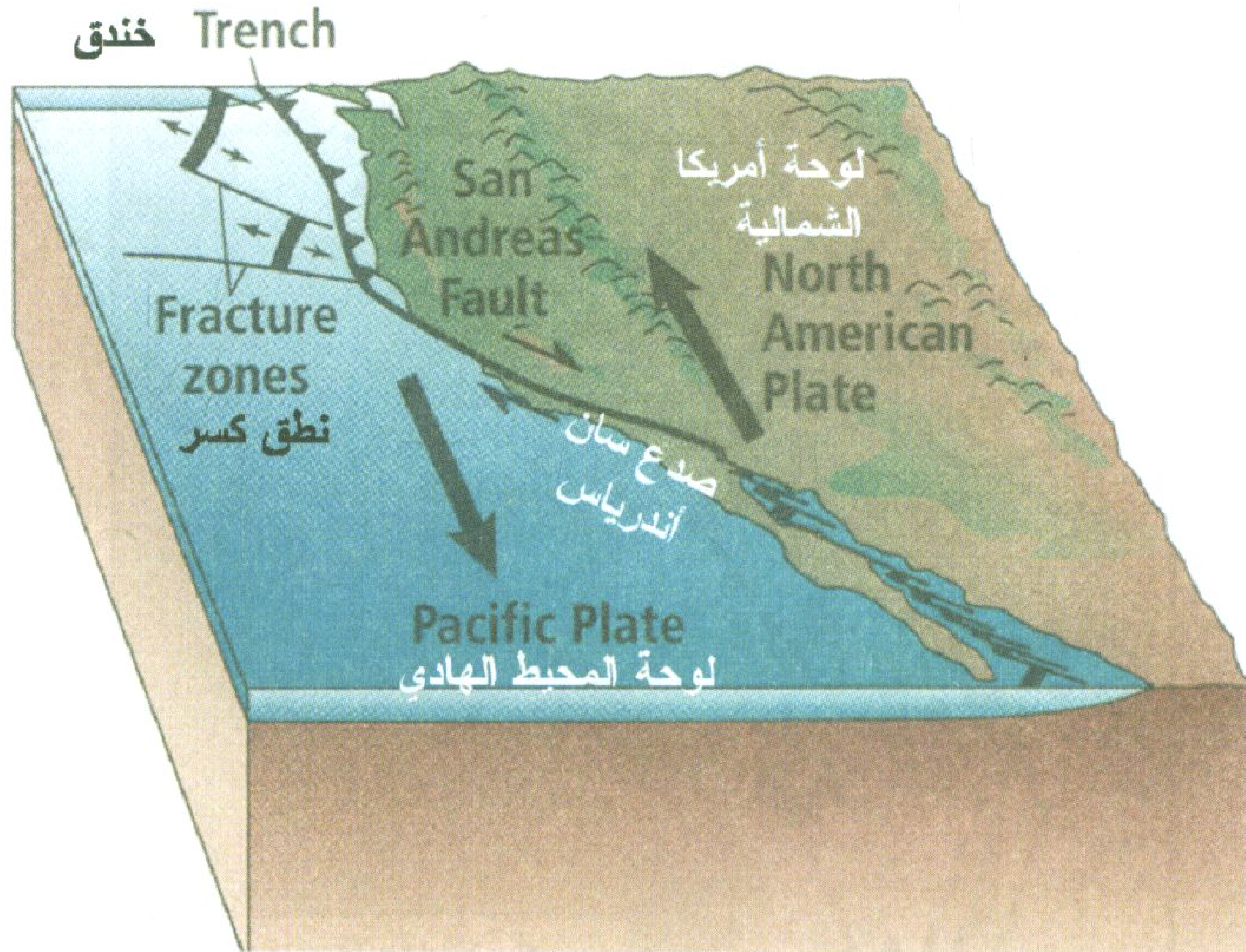
شكل ١١–١٤. مثال لحواف ألواح متباعدة.

كما تمثل لوحة الهادي (Pacific Plate) ولوحة الأوروبي أسيوي (Eurasian Plate) (شكل ١١–١٥) مثالاً لحركة تقاربية. يرجع سبب الزلازل الشديدة في اليابان إلى تلك الحركة التكتونية. ويمثل صدع سان أندرياس (San Andreas Fault) أحد أمثلة الحواف المنزلقة بين لوحة الهادي (Pacific Plate)



شكل ١١–١٥. مثال لحواف ألواح متقاربة.

ولوحة أمريكا الشمالية (North American Plate) (شكل ١١-١٦).



شكل ١١-١٦. مثال لحواف ألواح منزلقة.

أسئلة وتدريبات

١- عرف كل من الآتى :

- بانجيا :
- تيارات الحمل:
- الاندساس:
- اصطدام لوحتين قاريتين:
- جوندوانا :
- الحواف المتزلقة والصدوع العرضية:

٢- أجب على الأسئلة التالية:

١- ما هى فكرة نظرية "انجراف القارات continental drift theory " ؟ و ما هى الأدلة والبراهين والدلائل التي أيدت النظرية ؟ و ما هى نقاط الضعف فى هذه النظرية ؟

٢- اذكر ماذا يحدث عند حيد منتصف المحيط (mid-ocean ridges) ؟

٣- من هو صاحب نظرية انفراج المحيط (sea-floor spreading) ؟

(أ) هارى هس (Harry Hess)

(ب) فجنر (Wegener)

(ج) ألكسندر دو تويت (Alexander Du Toit)

٤- ما هى الأدلة والبراهين والدلائل التي أيدت نظرية انفراج المحيط ؟

٥- وضح باختصار مع الرسم كيفية انتشار قاع المحيط ؟

٦- الطبقة الخارجية من الأرض، مقسمة إلى عدد ٧ ألواح كبيرة وحوالي ٢٠ لوحًا صغيرًا (صح أم خطأ) ؟

٧- اذكر مثال لأحد الألواح الكبيرة وآخر للألواح الصغيرة ؟

٨- اذكر ثلاثة احتمالات للعلاقة بين أي لوحتين متجاورتين ؟

١٠- اذكر مثال لحركة تباعدية :

٩- اذكر مثال لحركة تقاربية :

١٠- اذكر مثال لحركة تماسية :

3- Choose the correct answer

1- At convergent plate boundaries, two plates ....
  a- move together
  b- do not move
  c- move a part
  d- reverse direction

2- What layer of earth allows the plates to move?
  a- cryoshere
  b- lithosphere
  c- asthenosphere
  d- mesosphere

3- At convergent plate boundaries, ...
  a- new lithosphere is formed
  b- old lithosphere destroyed
  c- neither "a: or "b"
  d- both "a: or "b"

4- Pangea was the most recent supercontinent
  True   false

5- Collision mountain belts form along ………………boundaries.

a- divergent
b- convergent
c- transform fault
d- extensional

6- Some mountain ranges consist mainly of a chain of volcanic structures.

True false

7- New oceanic lithosphere forms at __________ .

1. divergent plate boundaries
2. convergent plate boundaries
3. transform plate boundaries
4. all of these are possible

8- Which of the following is not a divergent plate boundary?

1) the Great Rift Valley of East Africa
2) the East Pacific Rise
3) the San Andreas fault
4) the Mid-Atlantic Ridge

9- Partial melting and the production of magma takes place at ________ .

1) divergent plate boundaries
2) ocean-ocean convergent plate boundaries
3) ocean-continent plate boundaries
4) all of these

10- The Hawaiian Islands formed at a _________ .

1) convergent boundary
2) divergent boundary
3) transform boundary
4) none of these

11- The east coast of North America represents a _________ .

1) convergent boundary
2) divergent boundary
3) transform boundary
4) non of these

12 - Transform faults ___________ .

1) often offset spreading centers
2) can cut across continents
3) involve horizontal movement
4) all of these

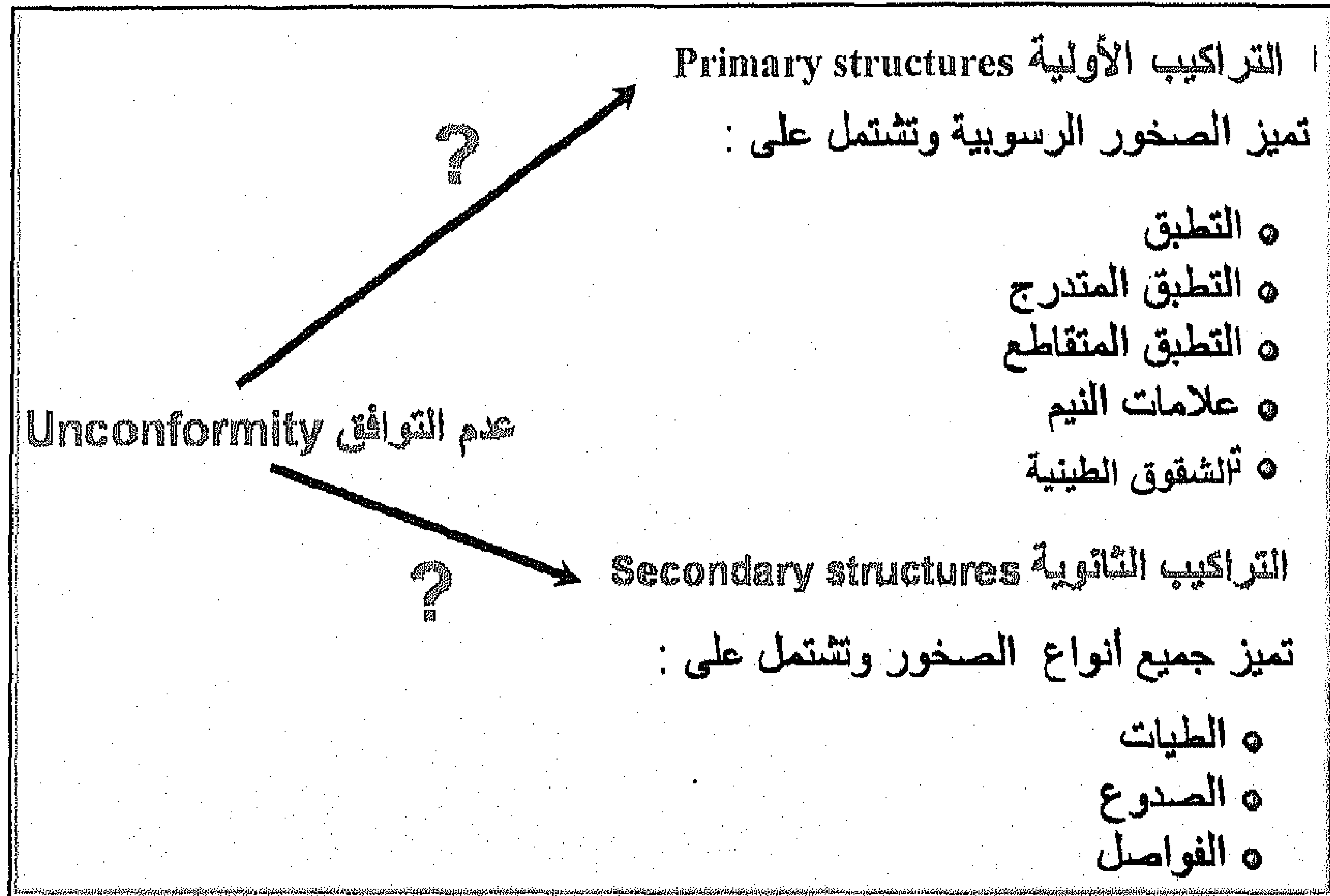
الباب الثاني عشر

التراكيب الجيولوجية (Geologic Structures)

- مقدمة
- التراكيب الأولية
- عدم التوافق
- التراكيب الثانوية

مقدمة (Introduction)

هي أنماط هندسية من تشوة الصخور ذات أبعاد وأشكال وتوزيع جغرافي محدد. بناءً على أسباب تكونها، يمكن تقسيم التراكيب الجيولوجية إلى ثلاثة أنواع رئيسة (شكل ١٢-١): (١) التراكيب الأولية، (٢) عدم التوافق، (٣) التراكيب الثانوية.



شكل ١٢-١. مخطط توضيحي يبين الأنواع المختلفة من التراكيب الجيولوجية.

التراكيب الأولية (Primary Structures)

هي تراكيب تنشأ مع نشأة الصخر، وتميز غالبًا الصخور الرسوبية، ومن أمثلتها التطبق (bedding)، والتطبق المتدرج (graded bedding)، والتطبق المتقاطع (cross bedding)، وعلامات النيم (ripple marks)، والشقوق الطينية

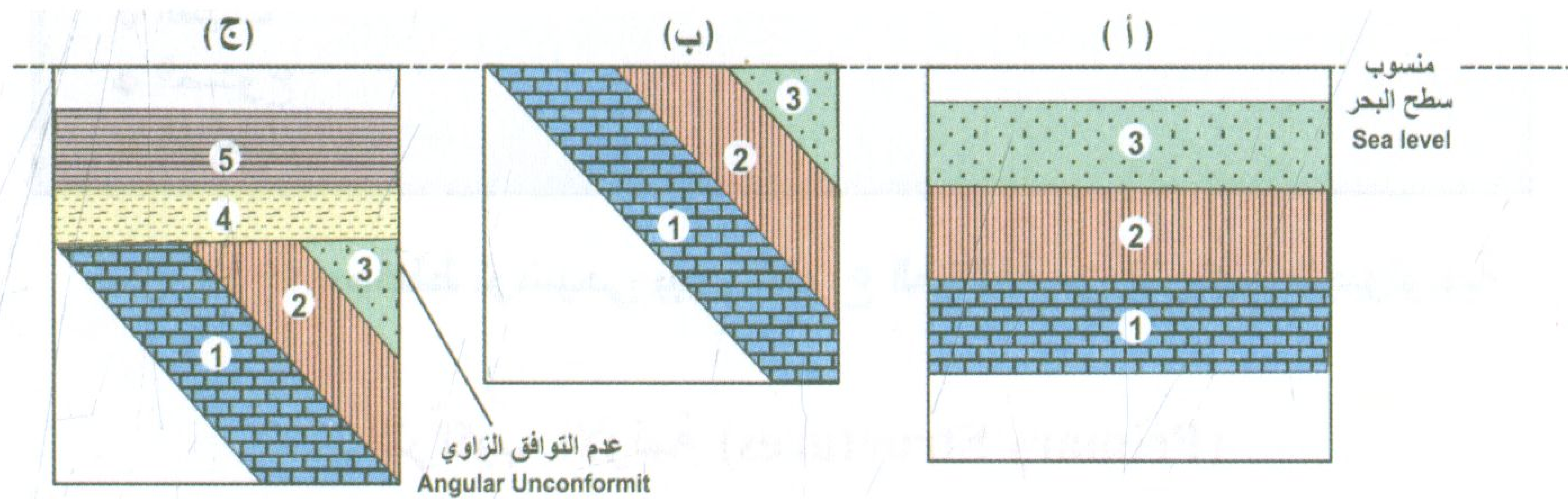
(mud cracks). سبق أن ناقشنا في الباب الخامس طريقة تكّون هـذه التراكيب ودلالاتها.

عدم التوافق (Unconformity)

عدم التوافق هو عبارة عن سطح تعرية يمثل انقطاع في الترسيب أو يفصل بين صخور قديمة وأخرى أحدث منها. ويطلق هذا المصطلح على التراكيب الجيولوجية الناتجة من تأثير حركات أرضية. يشار إلى الطبقات المترسبة بدون انقطاع على أنها متوافقة، ولكن نادرًا ما توجد هذه الطبقات المتوافقة حتى فترة زمنية معينة، ويشار إلى الانقطاعات في السجل الصخري بعدم التوافق، وأهم هذه الحالات هي:

١ – عدم التوافق الزاوي (Angular Unconformity)

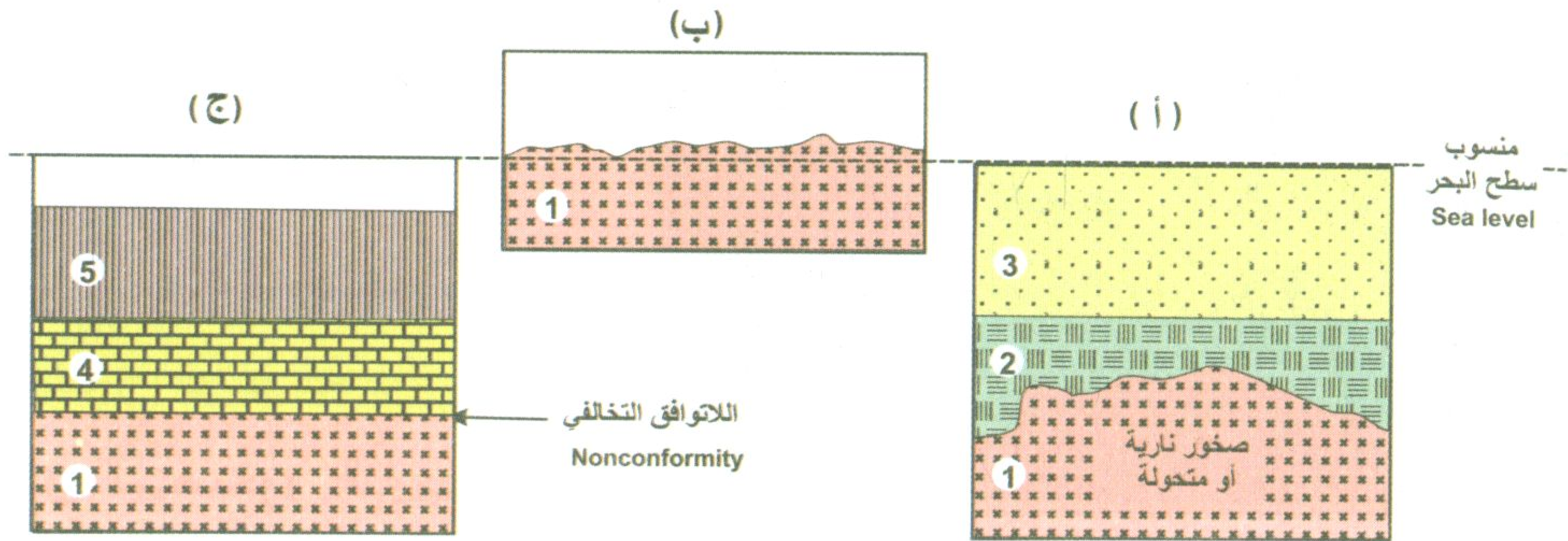
يتكّون عدم التوافق الزاوي، من وجود طبقات سفلى، تصنع زاوية مع الطبقات التي تعلوها (شكل ١٢–٢). تتعرض الطبقة السفلى المائلة إلى فترة من النشاط التكتوني يؤدي إلى ميلها، بينما تمثل الطبقات التي تعلوها فترة من الهدوء التكتوني.



شكل ١٢–٢. رسم توضيحي يبين كيفية نشأة عدم التوافق الزاوي. (أ) ترسب الطبقات رقم ١ و٢ و٣، (ب) عمليات رفع وإمالة للطبقات بفعل حركة تكتونية، تتعرض تلك الطبقات لعمليات تعرية (ج) إعادة الترسيب للطبقات ٤ و٥.

٢- اللاتوافق التخالفي (Nonconformity)

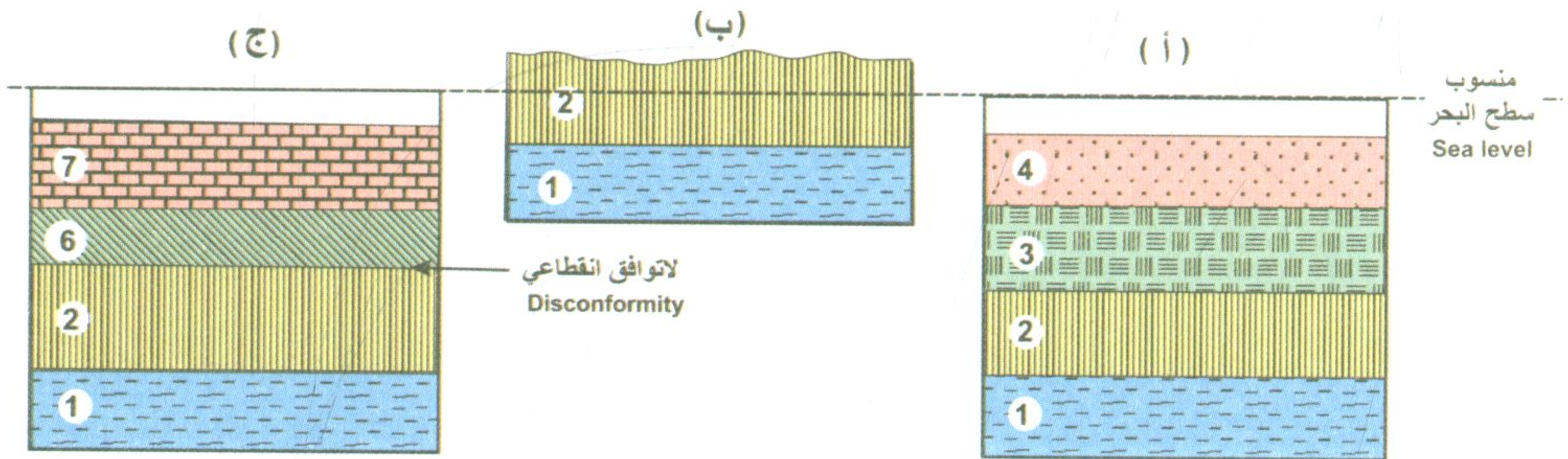
ينشأ اللاتوافق التخالفي عن ترسيب مجموعة من الصخور الرسوبية على صخور نارية، أو متحولة سابقة التكوين (شكل ١٢-٣).



شكل ١٢-٣. رسم توضيحي يبين كيفية نشأة اللاتوافق التخالفي. (أ) ترسب الطبقات رقم ٢ و٣ فوق الصخور النارية أو المتحولة (ب) عمليات رفع وتعرية، تزال الطبقتان ٢ و٣ بالتعرية، (ج) هبوط وإعادة الترسيب للطبقات ٤ و٥.

٣- لاتوافق انقطاعي (Disconformity)

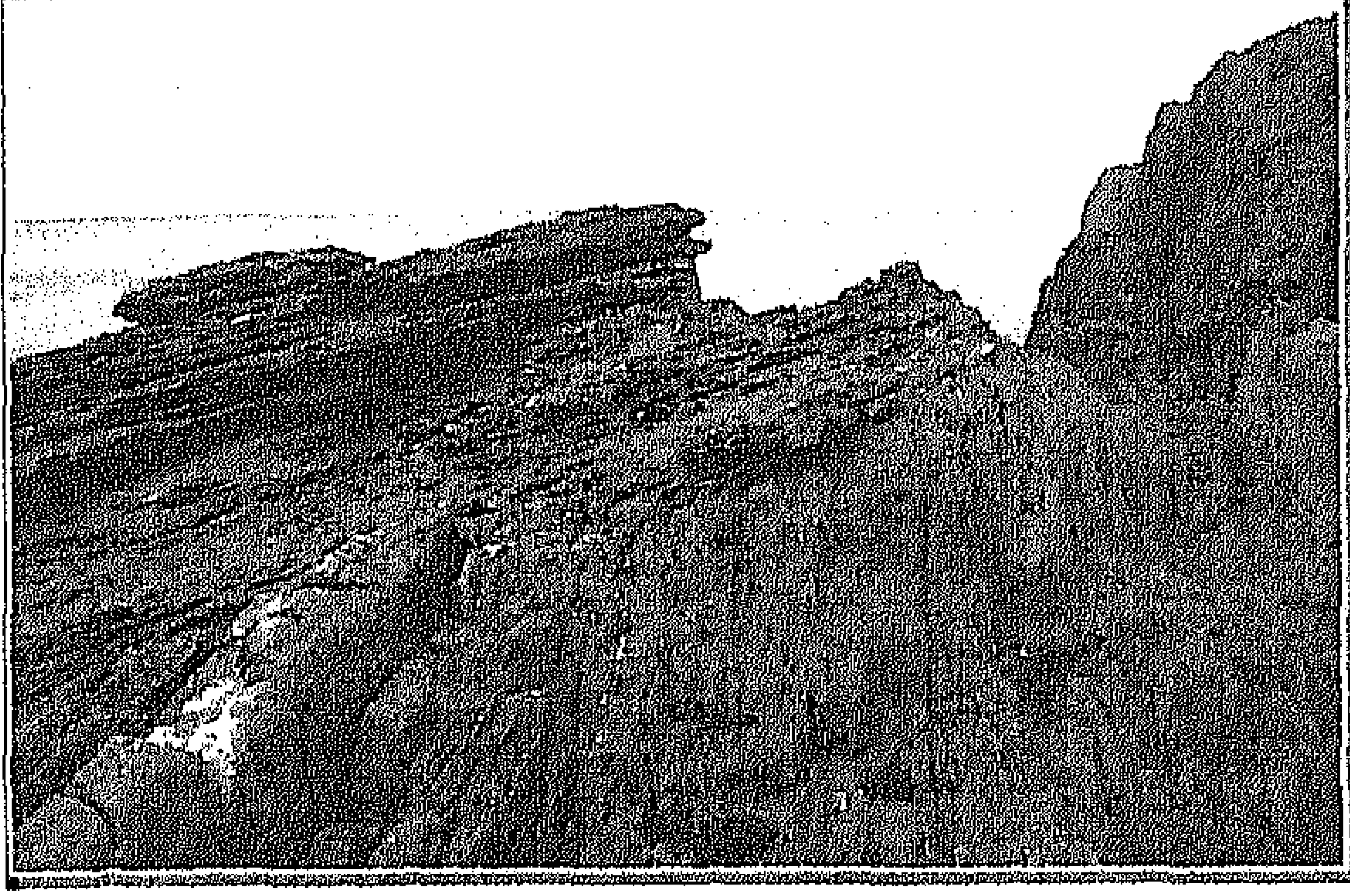
ينشأ عدم التوافق الانقطاعي بين مجموعتين من الصخور، لهما نفس الميل، وبينهما فترة زمنية مفقودة (شكل ١٢-٤).



شكل ١٢-٤. رسم توضيحي يبين كيفية نشأة اللاتوافق الانقطاعي. (أ) ترسب الطبقات رقم ١ و٢ و٣ و٤ (ب) عمليات رفع بفعل حركة تكتونية، تزال الطبقتين ٣ و٤ بالتعرية، (ج) هبوط وإعادة الترسيب للطبقات ٦ و٧.

الشواهد أو القرائن التي نستدل بها على عدم التوافق

(Evidences of Unconformity)



شكل ١٢-٥. مثال لعدم التوافق الزاوي. تختلف طبيعة ميل الطبقات السفلى عن التى تعلوها.

١- اختلاف زاوية ميل الطبقات (مثل طبقات مائلة يعلوها طبقات أفقية (شكل ١٢-٥).

٢- وجود طبقة من الصخور الرسوبية فوق طبقة من الصخور النارية أو المتحولة.

٣- وجود طبقة من الكنجلوميرات (conglomerate) بين طبقتين. الكنجلوميرات عبارة عن قطع صخرية مستديرة مصقولة كبيرة الحبيبات، يمتلئ الفراغ بين الحبيبات بمادة لاحمة جيرية، أو سليسية، أو حديدية.

٤- وجود قواطع أو سدود في إحدى الطبقات وغيابها في الأخرى.

٥- اختلاف درجة الطي بين طبقتين من الصخور.

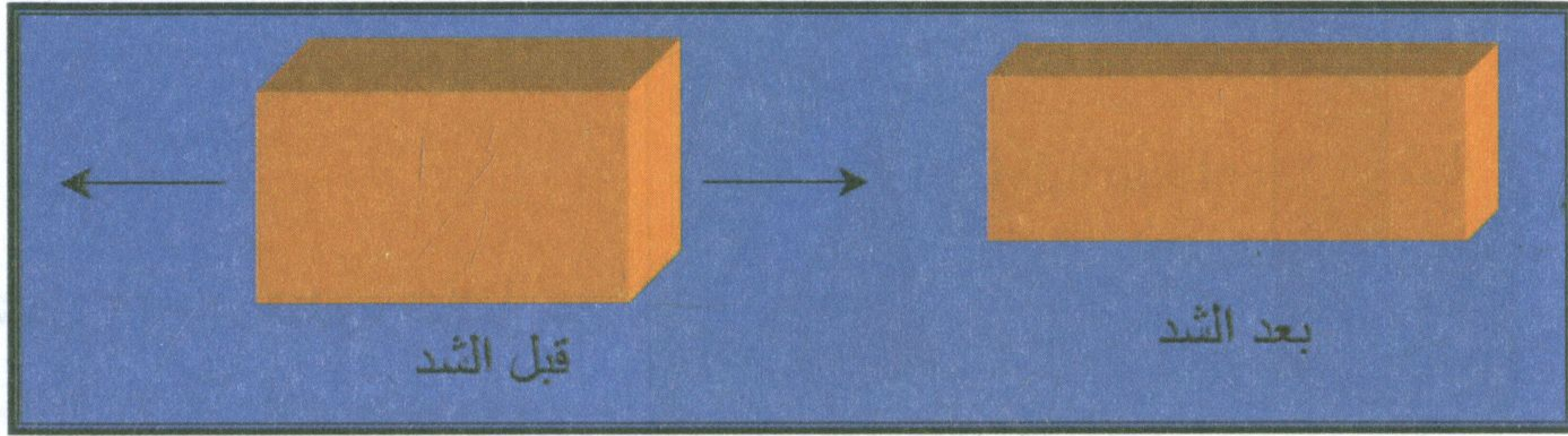
التراكيب الثانوية (Secondary Structures)

وهي تراكيب جيولوجية تتكون بعد نشأة الصخور، نتيجة لتأثير قوي عليها، أي أنها تتكون نتيجة لأسباب تكتونية، ومن أمثلتها الطيات، والصدوع، والفواصل. تأخذ هذه القوى صورًا متعددة مثل:

١- قوى شد (tension forces)

عبارة عن قوى في اتجاهين عكسيين من مركز واحد، ومن خلال محور مشترك (شكل ١٢-٦). تميل المادة المعرضة لمثل هذه القوى، إلى أن تزداد

في الطول في الاتجاه الموازي لمحور الشد، وتقل في الاستطالة في الاتجاه العمودي على اتجاه هذه القوى. ومن أمثلة التراكيب الثانوية التي تنتج عن هذه القوى، الصدوع أو الفوالق العادية (normal faults).



شكل ١٢-٦. التشوه الناشئ عن قوى شد.

٢- قوى ضغط (compression forces)

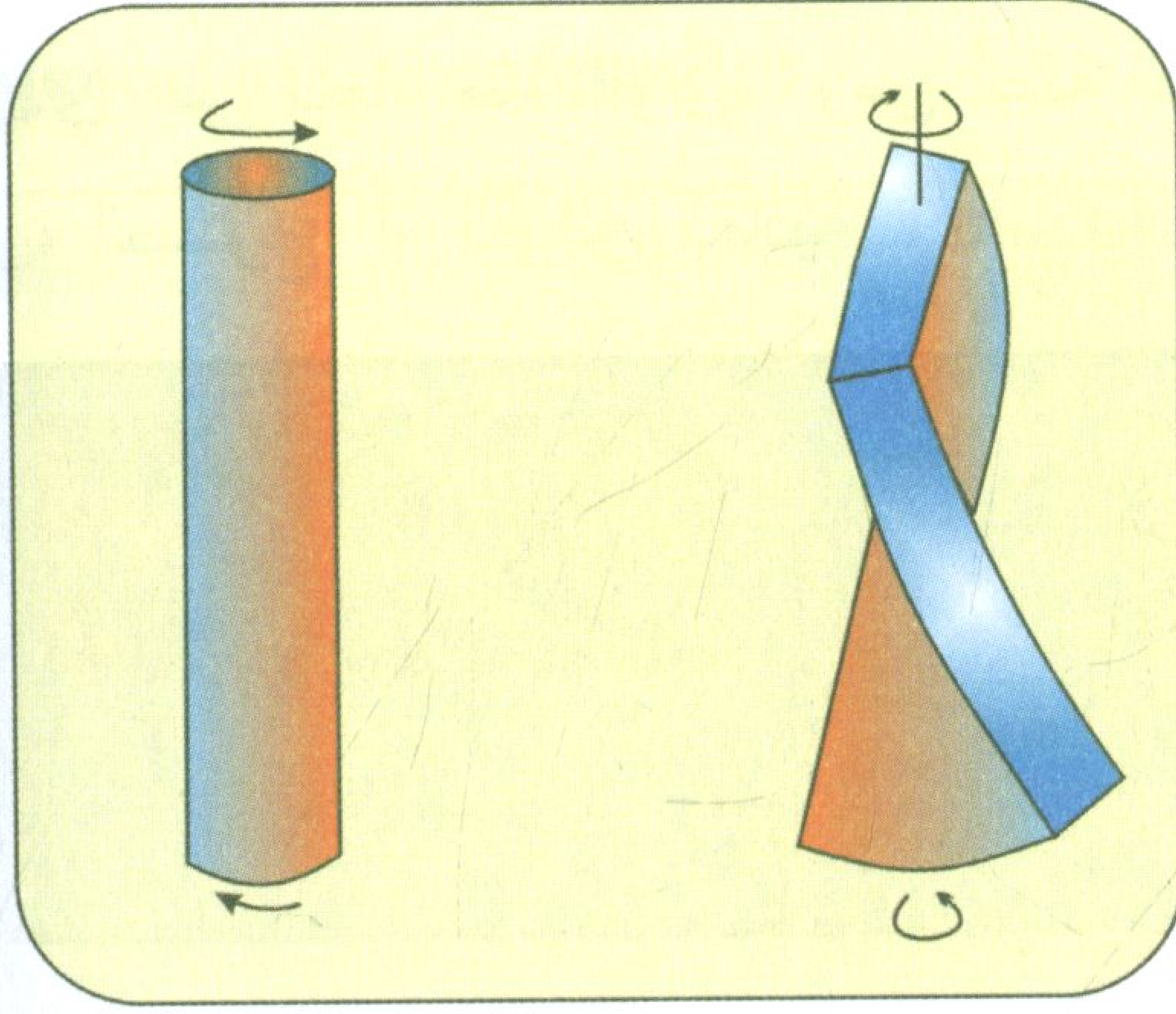
عبارة عن قوى في اتجاهين متقابلين، وفي اتجاه مركز واحد ومن خلال محور مشترك (شكل ١٢-٧). تميل المادة المعرضة لمثل هذه القوى إلى أن تقل في الطول في الاتجاه الموازي لمحور الضغط، وتزداد في الاستطالة في الاتجاه العمودي على اتجاه هذه القوى. ومن أمثلة التراكيب الثانوية التي تنتج عن هذه القوى الطيات (folds) والصدوع المعكوسة (reverse faults).



شكل ١٢-٧. التشوه الناشئ عن قوى ضغط.

٣- قوى ازدواج (torsion forces)

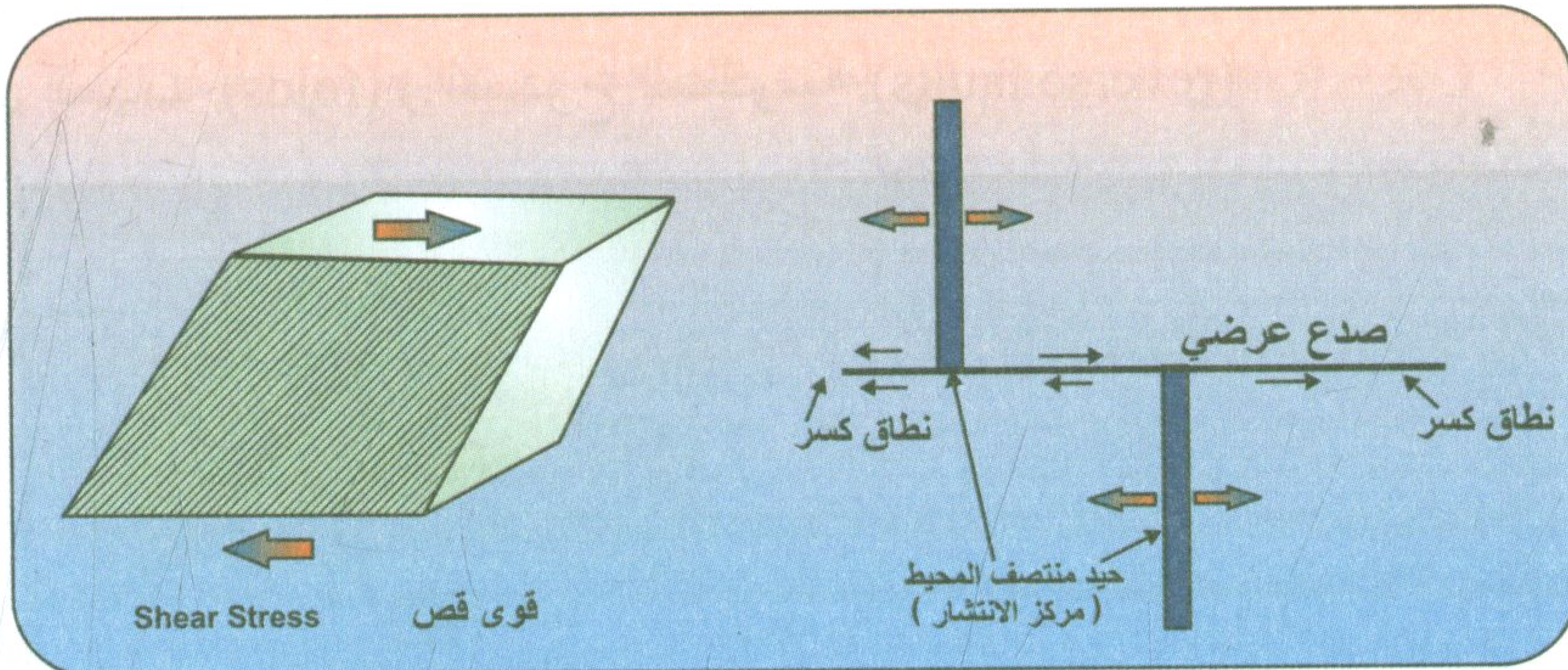
قوتان تعملان في اتجاه دوراني (rotational forces)، ولكن ليس لهما محور مشترك. وهذا يؤدي إلى ليّ المادة (twist) (شكل ١٢-٨).



شكل ١٢-٨. التشوه الناشئ عن قوى مزدوجة.

٤- قوى القص (shearing forces)

قوتان تعملان في اتجاه عكسي (شكل ١٢-٩)، ولكن توازي كلا القوتين اتجاه مشترك. ومن أمثلة التراكيب الثانوية التي تنتج عن هذه القوى، الصدوع العرضية.



شكل ١٢-٩: التشوه الناشئ عن قوى قص.

الإجهاد (stress): هو قوة لها القدرة على إحداث تشوه بالصخر، وينتج عنها طي أو تصدع بالصخر. ويكون الإجهاد موجبًا لو تعرض الجسم لقوى

ضغط، وتكون سالبة لو تعرض الجسم لقوى شد. ويعبر عن الإجهاد العـــادي (normal stress) بالرمز سيجما (σ, sigma).

الانفعال (strain): هو التشوة الناتج عن الإجهاد. ولذلك فإن الإجهاد يعتبر السبب، بينما الانفعال هو النتيجة.

أنواع التشوه (Types of Deformations)

١– تشوه مرن (Elastic Deformation)

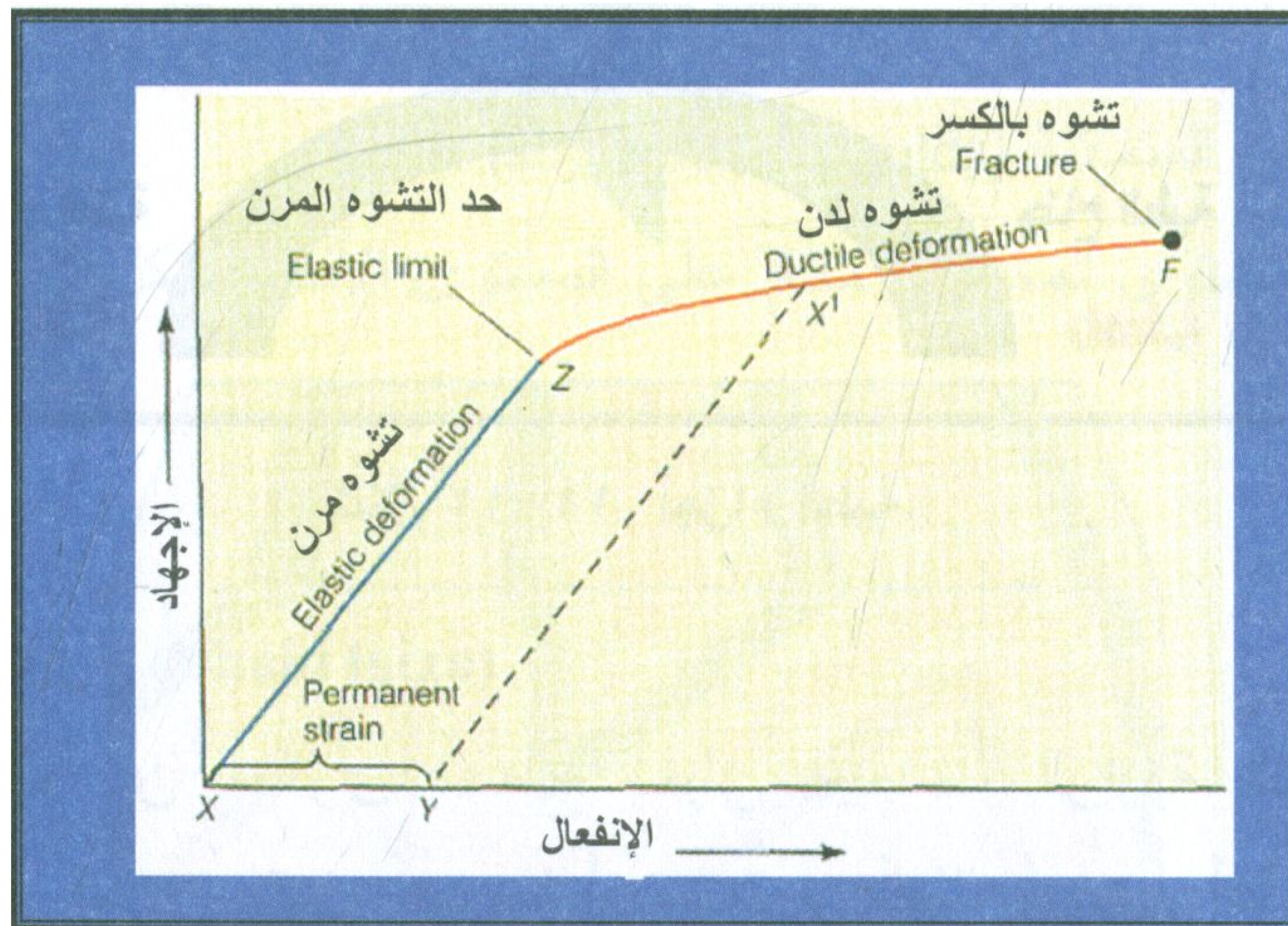
يعني أنه بإمكان الجسم أن يستعيد حالته الطبيعية بعد إزالة القوى المؤثرة عليه (شكل ١٢–١٠).

٢– تشوه لدن (Plastic or Ductile Deformation)

يعني أن الجسم يتشكل مثل قطعة الطين الصلصال، ولكنه لا يرجع إلى حالته الأولى بعد زوال القوى (شكل ١٢–١٠).

٣– تشوه انهياري (Rupture (Brittle) Deformation)

يعني أن الجسم يتشوه بالكسر.



شكل ١٢–١٠. العلاقة بين الإجهاد والانفعال، وأنواع التشوه

العوامل التي تتحكم في الصخر تحت ظروف الإجهاد:

١- العمق: كلما زاد العمق زادت درجة الحرارة والضغط.

٢- الزمن: استمرار الإجهاد لفترات طويلة قد يؤدي إلى تشوهه بالكسر.

٣- المحاليل: تسهل عملية التشوه.

٤- استمرار اتجاه القوة المؤثرة على الصخر.

الطيات (Folds)

الطيات هي انحناءات، أو انثناءات، أو تموجات تحدث في الصخور نتيجة تعرضها لعمليات تشوه. ويتراوح حجم الطيات من صغيرة (سنتيمترات أو لا ترى إلا بالميكروسكوب) أو كبيرة، يصل طولها عشرات الكيلومترات، وعرضها مئات الكيلومترات. توصف الطية نسبة إلى عنصرين أساسيين هما: (١) المستوى المحوري (axial plane) وأجنحة الطية (limbs) (شكل ١٢-١١). ويتكون كل طرف من جناحي الطية من الصخور نفسها في الطرف الآخر.



شكل ١٢-١١. أجزاء الطية.

المستوى المحوري (axial plane)

هو عبارة عن مستوى مسطح تخيلي، ينصف الزاوية التي ما بين الجناحين، وهو إما أن يكون عموديًا أو مائلاً أو أفقيًا. ويسمى أعلى جزء في

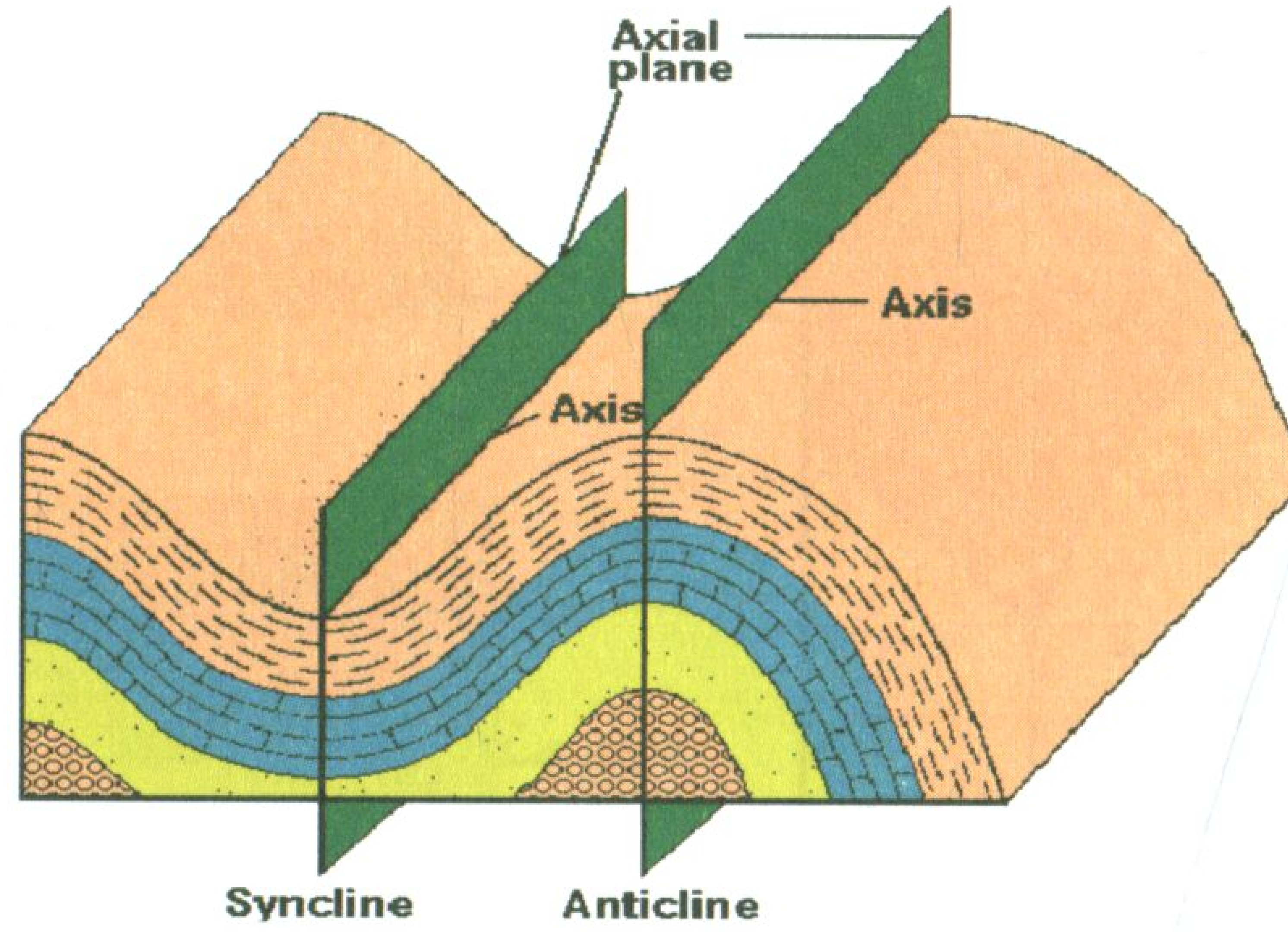
الطية بالقمة (crest)، وأخفض جزء في الطية بالقاع (trough). ويسمى الخط الذي تتم عليه حركة الطي بخط المفصل (hinge line).

تقسيم الطيات حسب وضع المستوى المحوري

(Classification of Folds According to Axial Plane)

١- الطية المتماثلة (symmetrical folds)

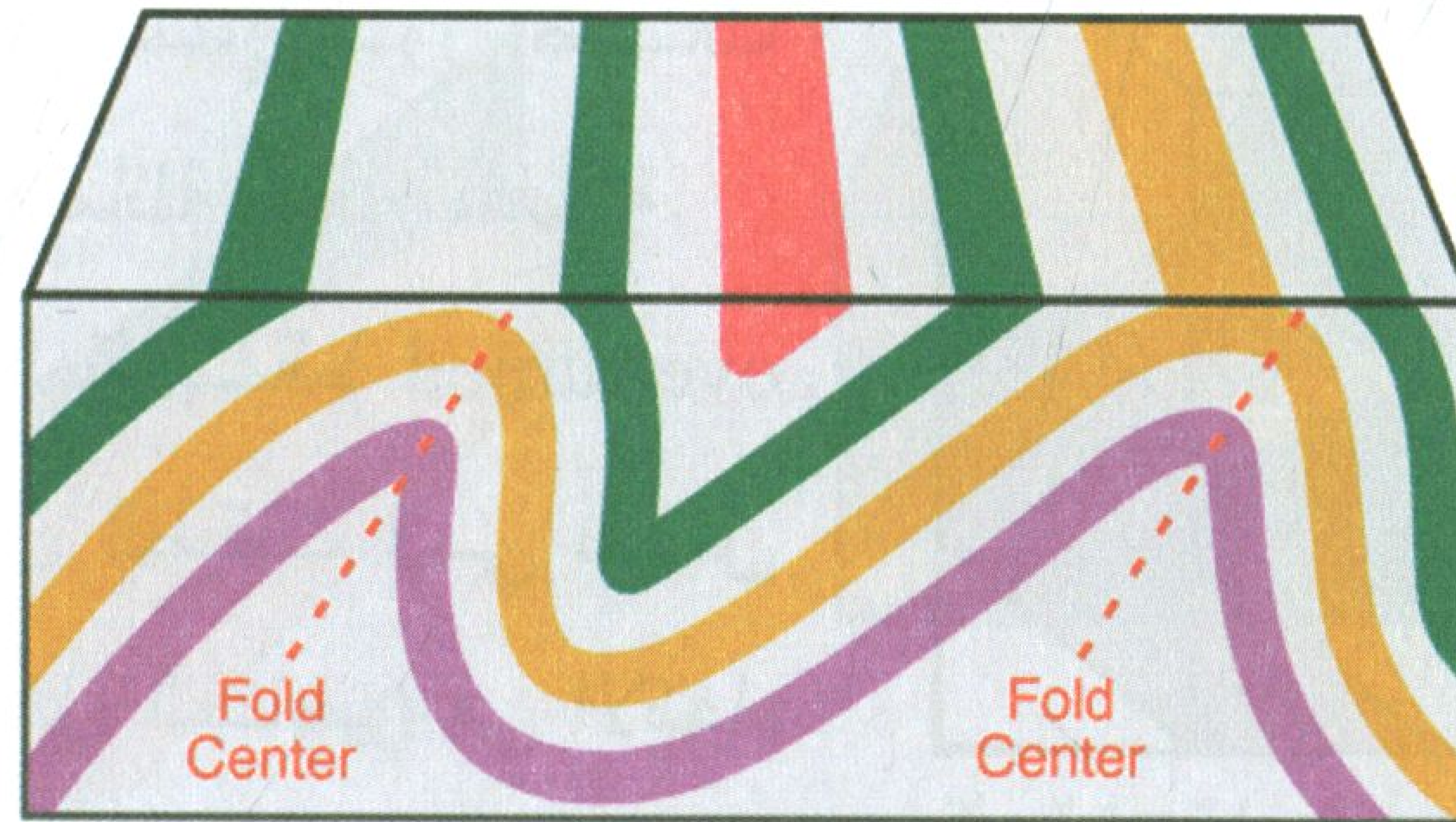
يكون المستوى المحوري رأسيًا، ولا يكون المحور كذلك إلا عندما تكون ميول أجنحة الطية متساوية (شكل ١٢-١٢).



شكل ١٢-١٢. طيات ذات مستوى محوري رأسي.

٢- الطية غير المتماثلة (asymmetrical folds)

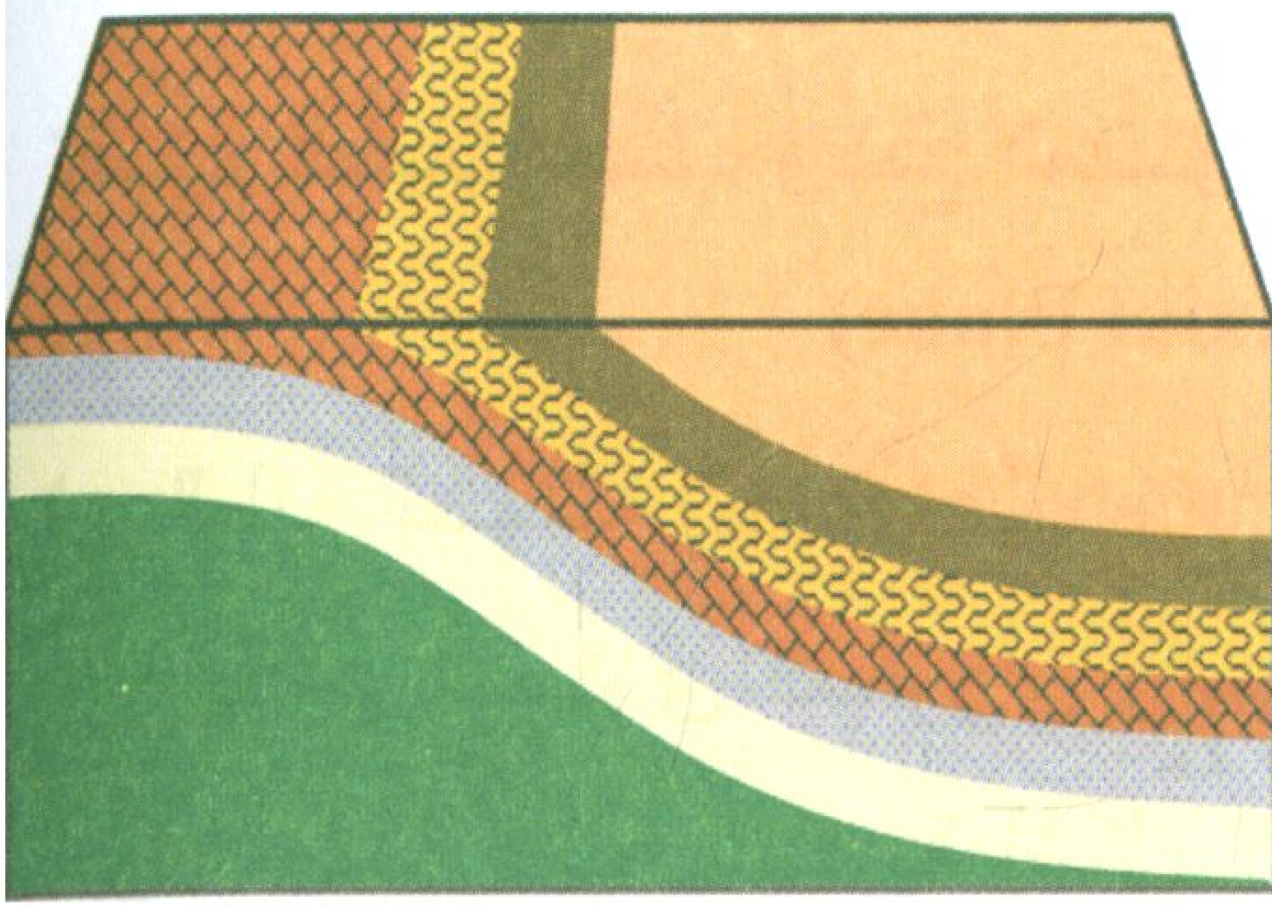
يكون المستوى المحوري مائلاً على المستوى الأفقي (شكل ١٢-١٣).



شكل ١٢-١٣. طيات ذات مستوى محوري مائل.

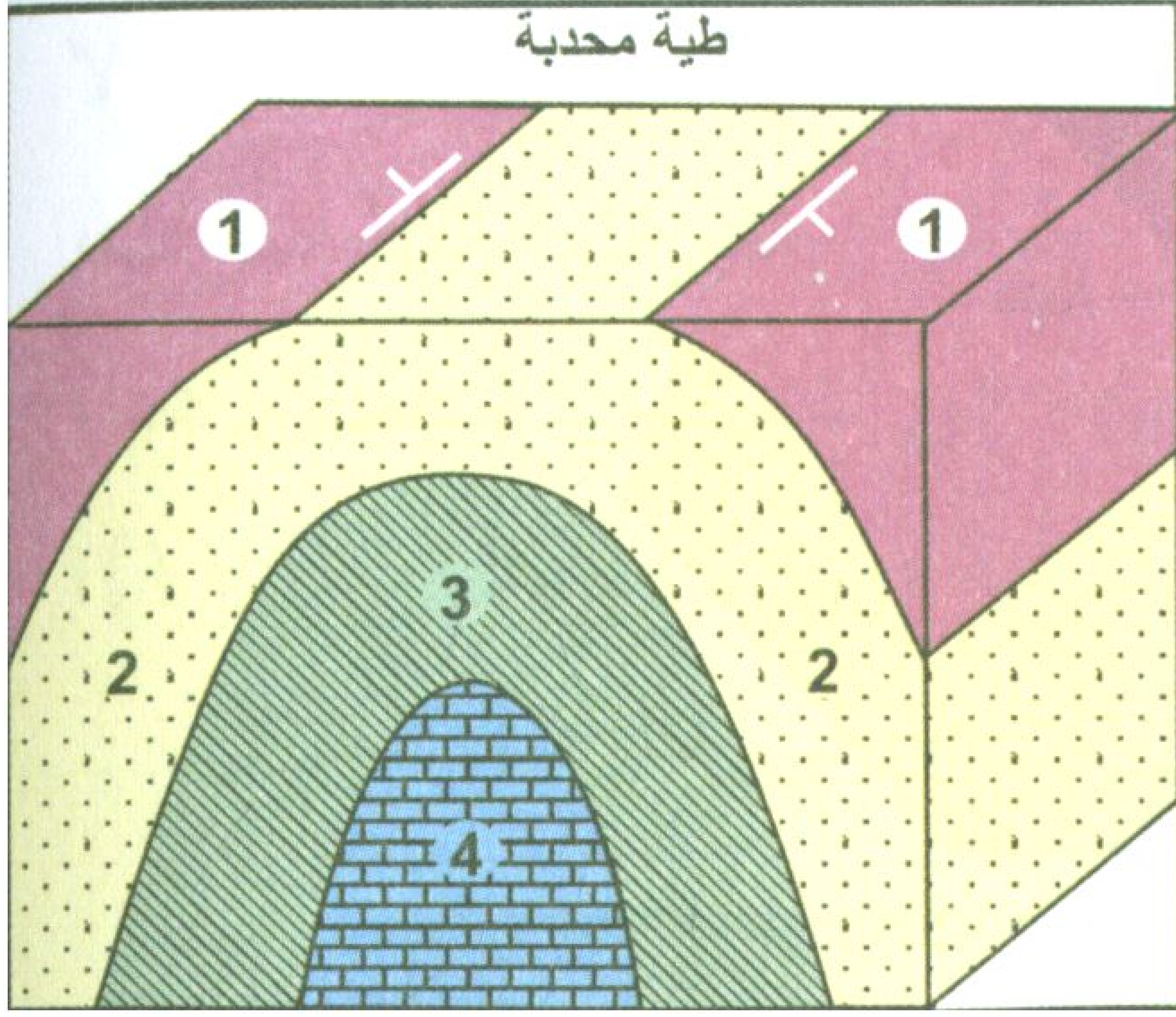
تقسيم الطيات حسب اتجاه ميول الأجنحة
(Classification of Folds According to Dip Direction of Limbs)

(١) طية ذات ميل واحد (monocline fold): أبسط أنواع الطيات، وهي عبارة عن ميل خفيف في طبقات الصخر المتوازية (شكل ١٢-١٤).



شكل ١٢-١٤. طية ذات ميل واحد.

(٢) طية محدبة (anticline): حيث اتجاه ميول الجناحين متباعدين عن المستوى المحوري للطية (شكل ١٢-١٥).

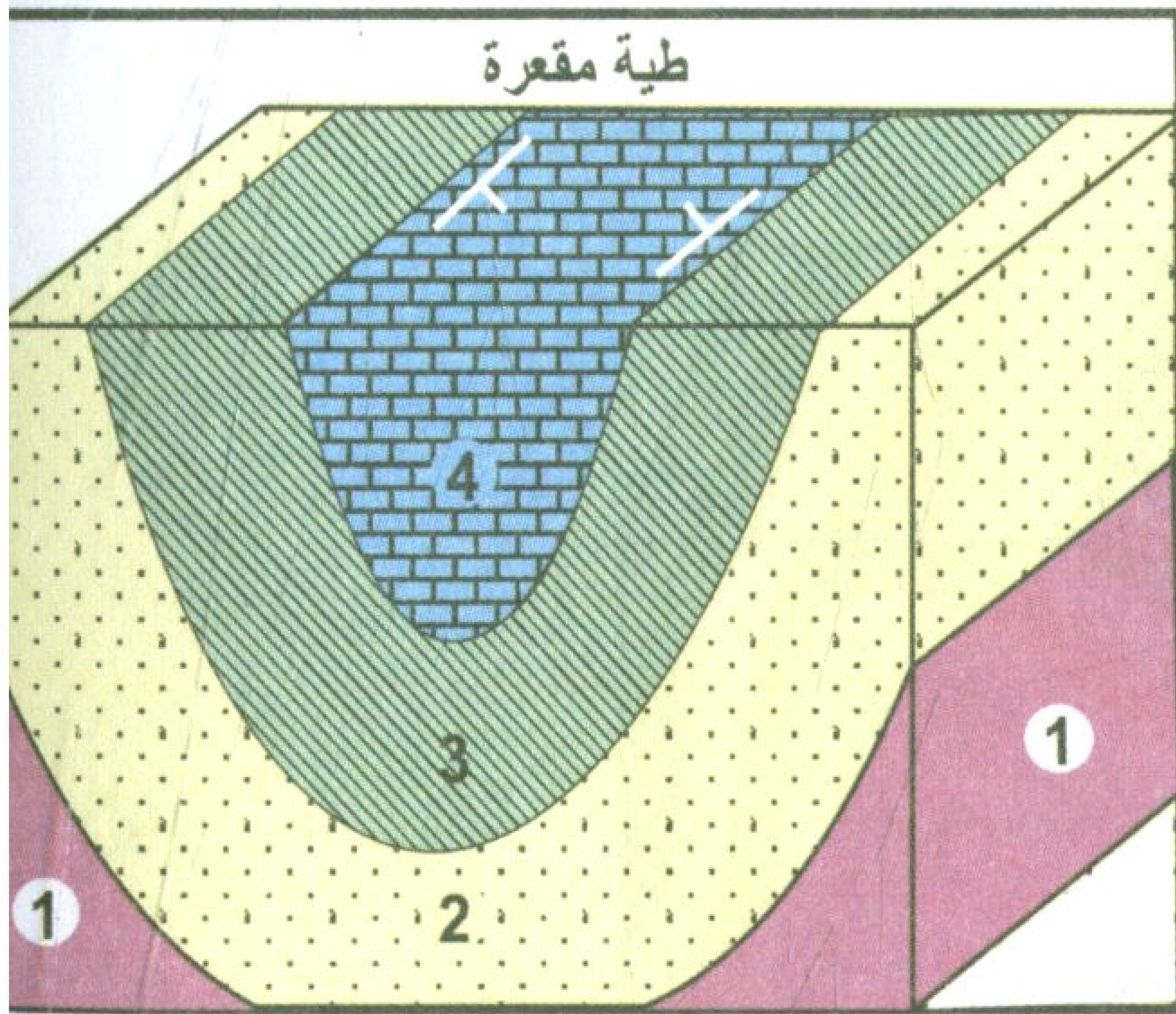


شكل ١٢-١٥. طية محدبة. الطبقة رقم ٤ هي أقدم الطبقات، بينما الطبقة رقم ١ أحدثها.

(٣) طية مقعرة (syncline): حيث اتجاه ميول الجناحين متقابلين في اتجاه المستوى المحوري للطية (شكل ١٢-١٦).

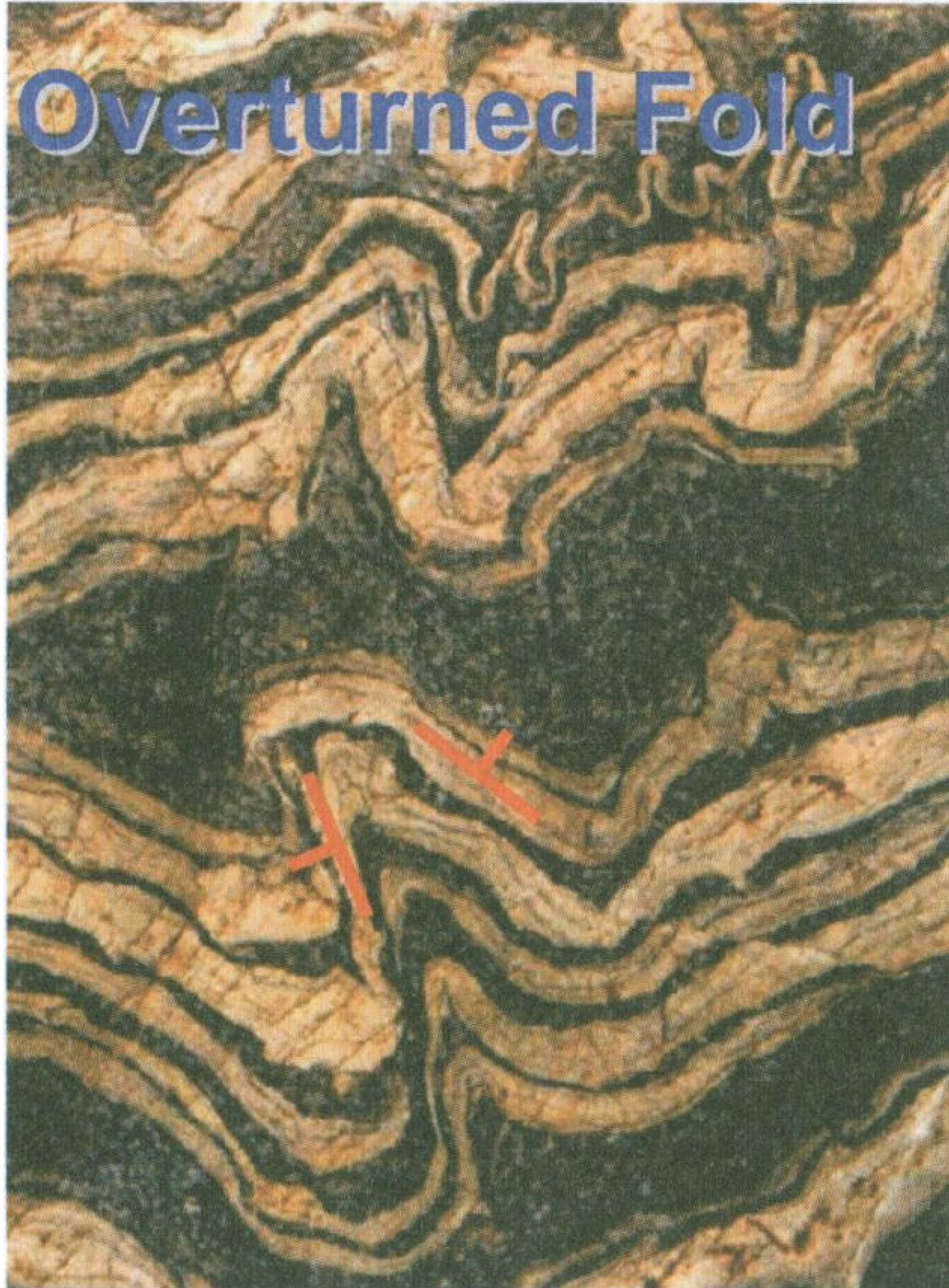
ويمكن أن ينشأ العديد من الطيات الأكثر تعقيدًا عندما تزداد قوى الضغط الجانبية. وينتج عن ذلك تكون طيات محدبة، ومقعرة، ومائلة وغير متماثلة.

(٤) الطية المقلوبة (overturned folds): يكون ميل الطبقات في نفس اتجاه المحور، وميل الجناحين في الاتجاه نفسه (شكل ١٢-١٧).

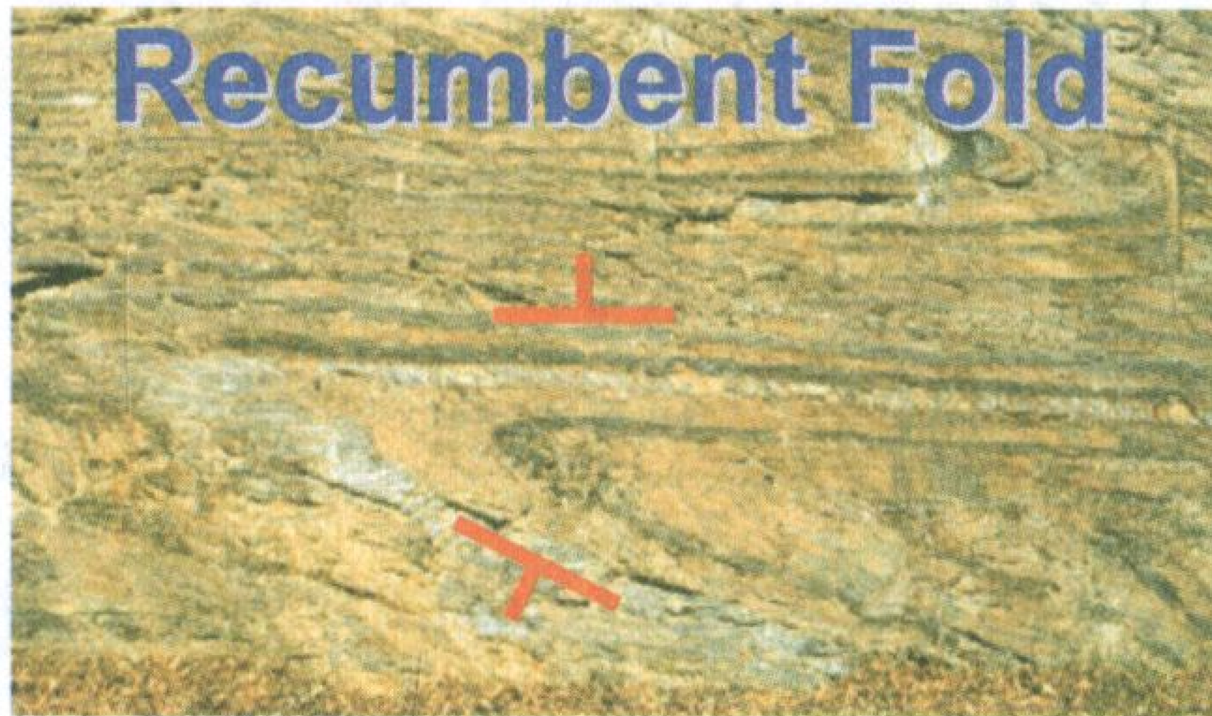


شكل ١٢-١٦. طية مقعرة. الطبقة رقم ٤ هي أحدث الطبقات، بينما الطبقة رقم ١ أقدمها.

(٥) الطية النائمة أو المضطجعة (recumbent fold): يكون فيها المستوى المحوري أفقيا، وميول الجناحين متوازيا، أحدهما فوق الآخر (شكل ١٢-١٨).



شكل ١٢-١٧. طية مقلوبة.



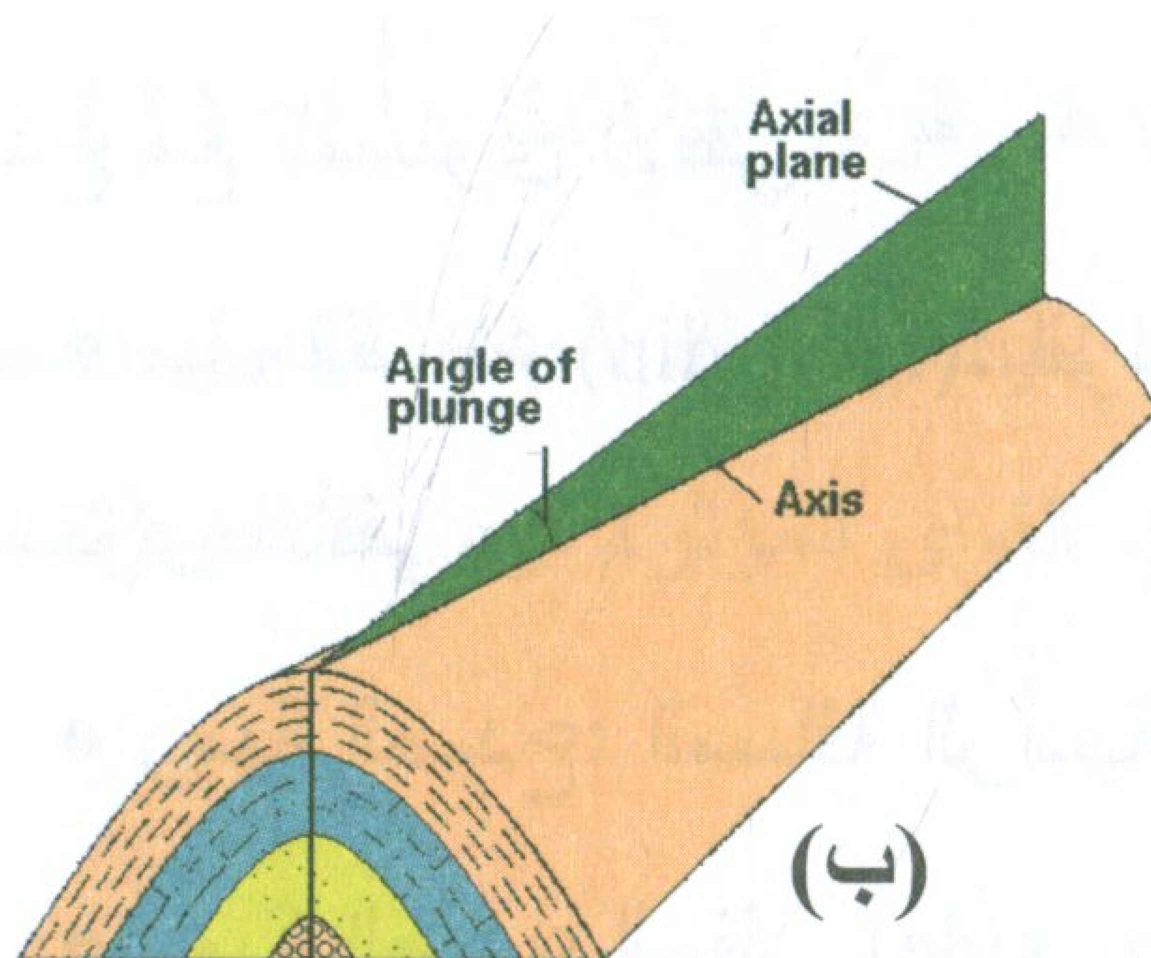
شكل ١٢-١٨. طية مضطجعة.

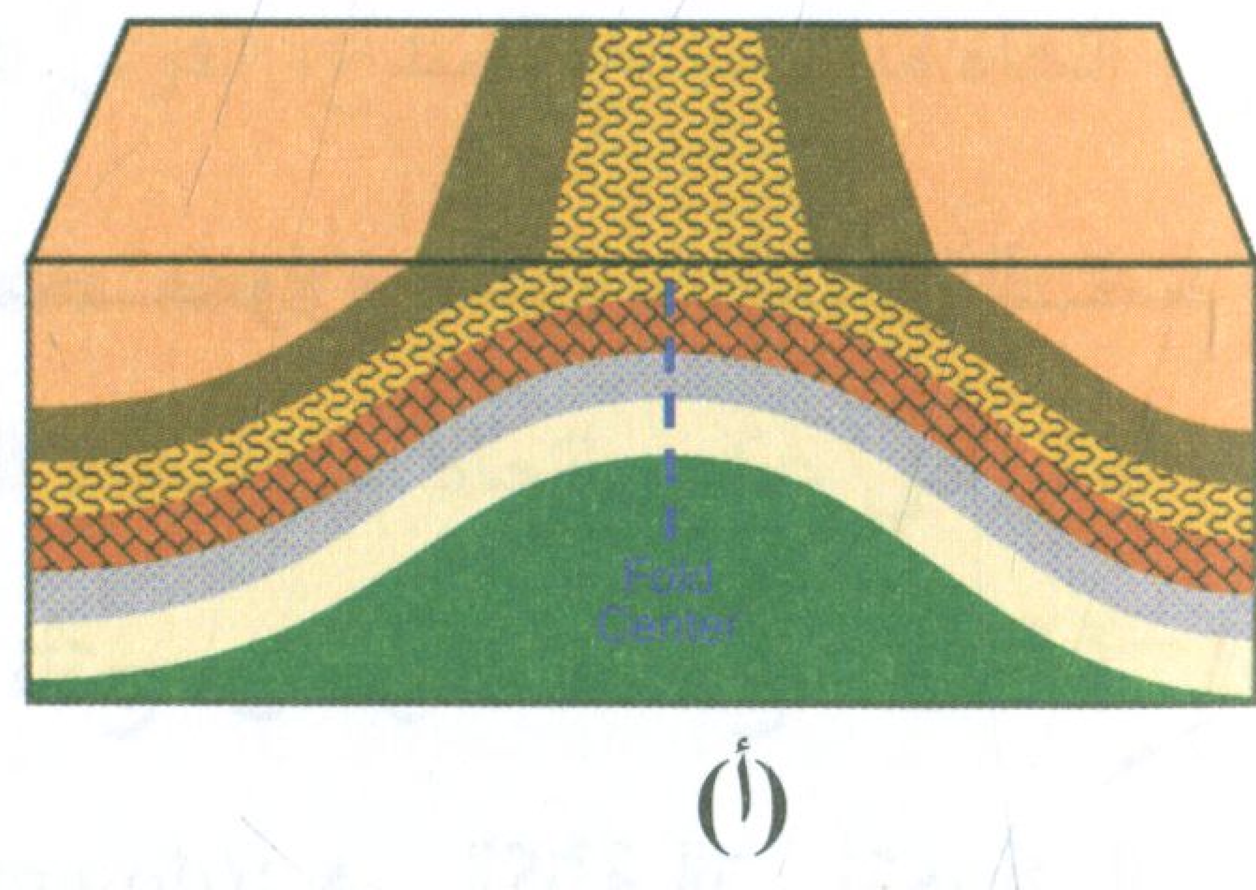
تقسيم الطيات حسب محور الطية

(Classification of Folds According to Fold Axis)

(١) طية غير غاطسة (non plunging fold): إذا كان محور الطية أفقيا (موازيًا للمستوى الأفقي) (شكل ١٢-١٩أ).

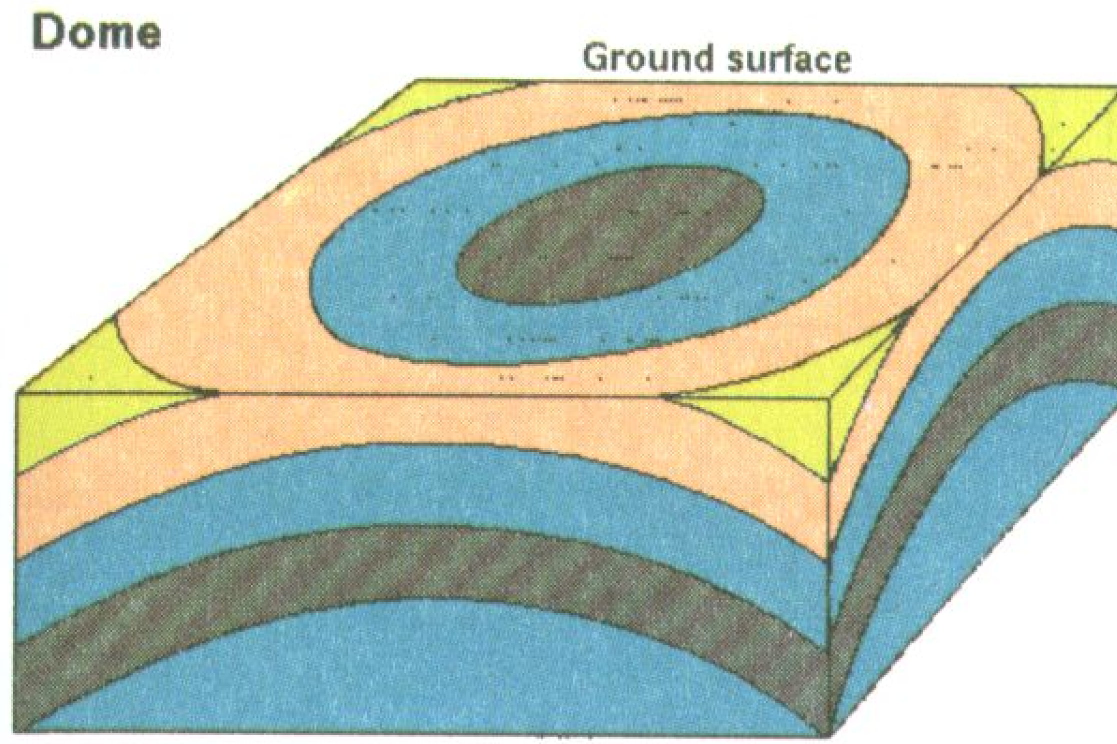
(٢) طية غاطسة (plunging fold): إذا كان محور الطية مائلاً على المستوى الأفقي (شكل ١٢-١٩ب).





شكل ١٢-١٩. (أ) طية غير غاطسة، (ب) طية غاطسة.

(٣) القبة (dome): إذا تعرضت الطبقات للثني إلى أعلى بحيث تميل في جميع الاتجاهات من نقطة مركزية، فإن الطية تسمى قبة (شكل ١٢-٢٠).



شكل ١٢-٢٠. قبة.

(٤) الحوض (basin): إذا انثنت الطبقات إلى أسفل بحيث تميل جميعها نحو نقطة مركزية، فإن الطية تسمي حوضًا.

الصدوع (Faults)

الصدع هو كسر في الصخور ناتج عن تعرضها لقوى شد، أو ضغط، وينتج عن ذلك حركة لإحدى الكتل المكسورة بالنسبة للأخرى.

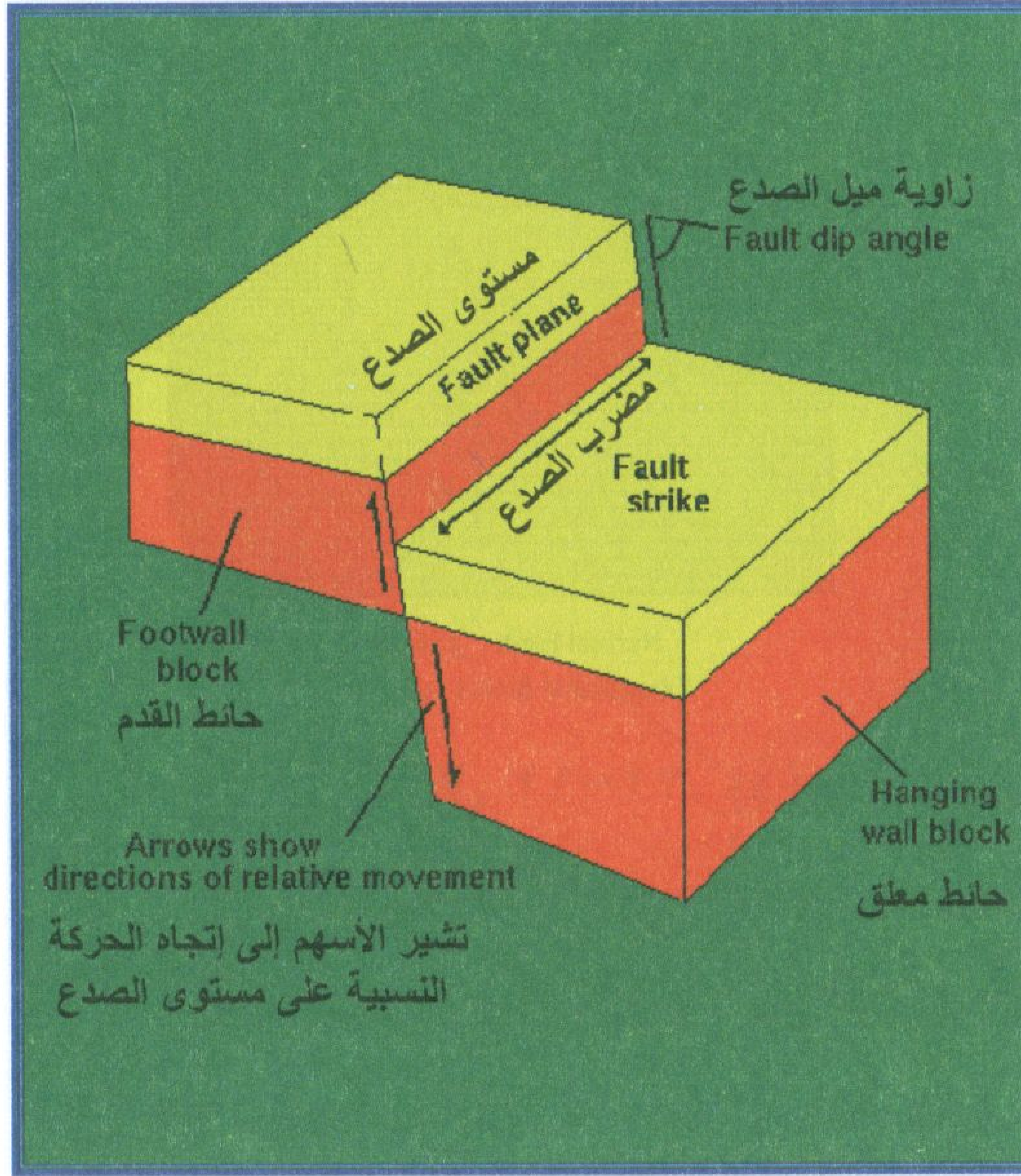
تختلف الصدوع عن بقية أنواع الكسور، بأنه ينشأ عن هذا الكسر حركة على مستوى الكسر (سطح الصدع). الكسور إذا لم تصاحب بحركة فإنها لا تسمى صدوعًا. يوضح شكل (١٢-٢١) العناصر الأساسية المكونة للصدع:

- مستوى الصدع (fault plane): هو الجزء الذي تتم عليه حركة الصدع.
- مضرب الصدع (fault strike): هو الخط الناتج عن تقاطع مستوى الصدع مع المستوى الأفقي.
- ميل الصدع (fault dip): الزاوية المحصورة بين مستوى الصدع والمستوى الأفقي.
- رمية الصدع: المسافة الرأسية التي تنتج من حركة الصدع.
- رمية الصدع السفلي (downthrown side): هي الكتلة التي تتحرك إلى أسفل بالنسبة إلى الجانب الآخر.

• رمية الصدع العليا (upthrown side): هي الكتلة التي تتحرك إلى أعلى بالنسبة إلى الجانب الآخر.

• حائط معلق (hanging wall): الكتلة التي ترقد فوق مستوى الصدع.

• حائط القدم (foot wall): الكتلة التي ترقد تحت مستوى الصدع.



شكل ١٢-٢١. العناصر الأساسية المكونة للصدع.

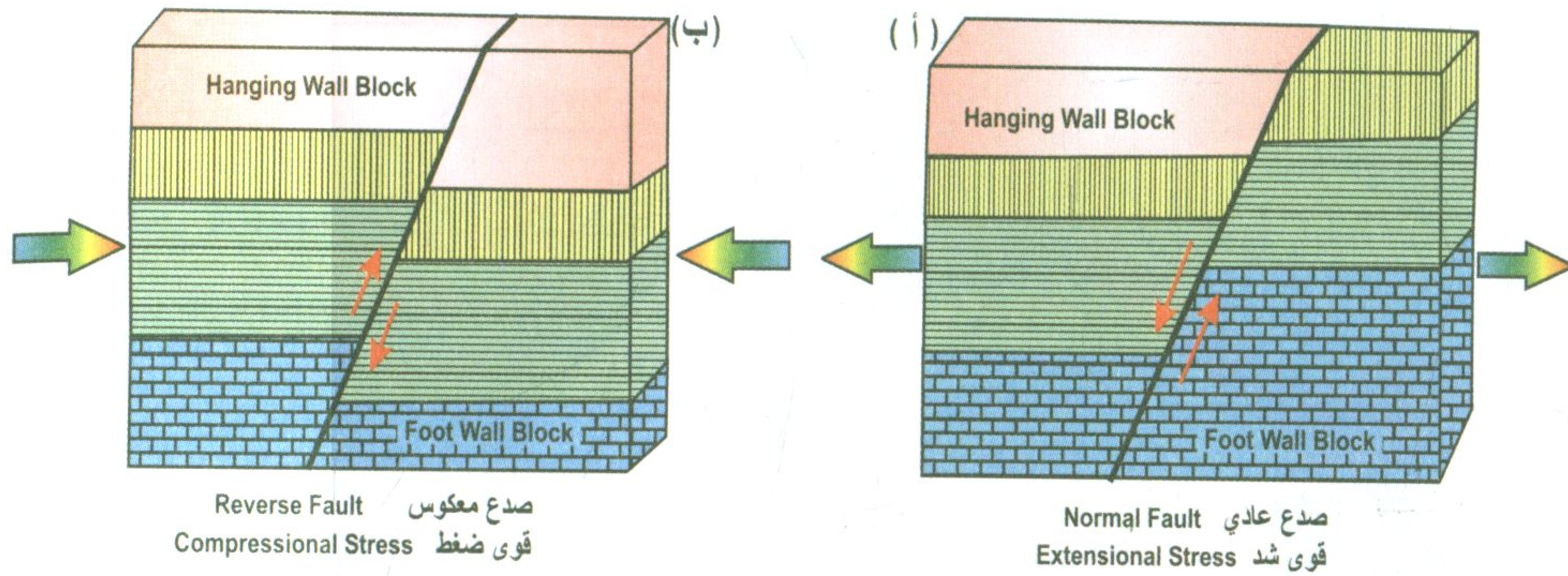
تصنيف الصدوع حسب نوع الحركة

(Classification of Faults According to Type of Movement)

(أ) صدوع ذات حركة رأسية (Dip-Slip Faults)

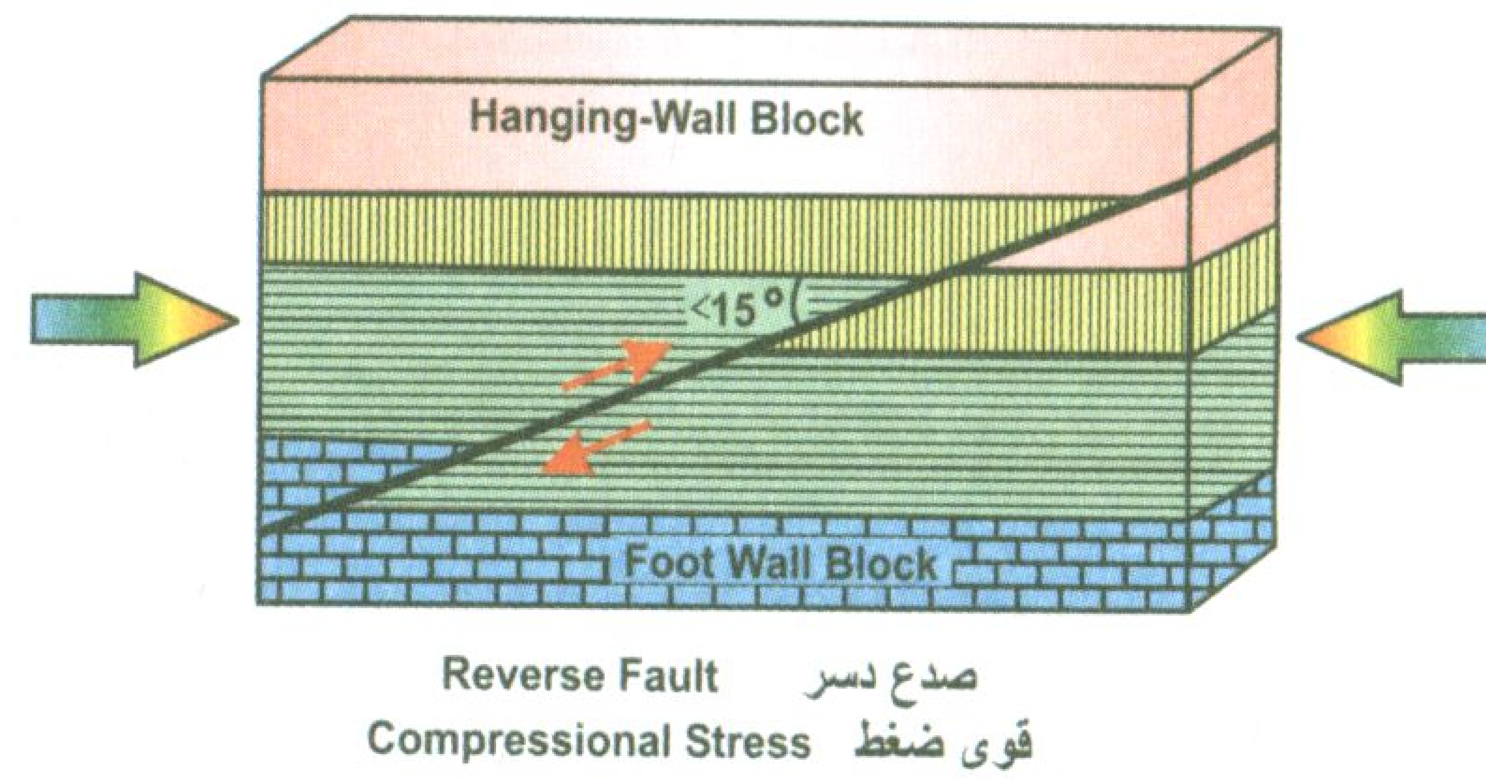
١- الصدع العادي (normal fault): حيث يتحرك الحائط المعلق نسبيا في نفس اتجاه ميل سطح الصدع، القوى المؤثرة هي قوى شد (شكل ١٢-٢٢أ).

٢- الصدع المعكوس (reverse fault): حيث يتحرك الحائط المعلق نسبيا إلى أعلى في عكس اتجاه ميل سطح الصدع، القوى المؤثرة قوى ضغط (شكل ١٢-٢٢ب).



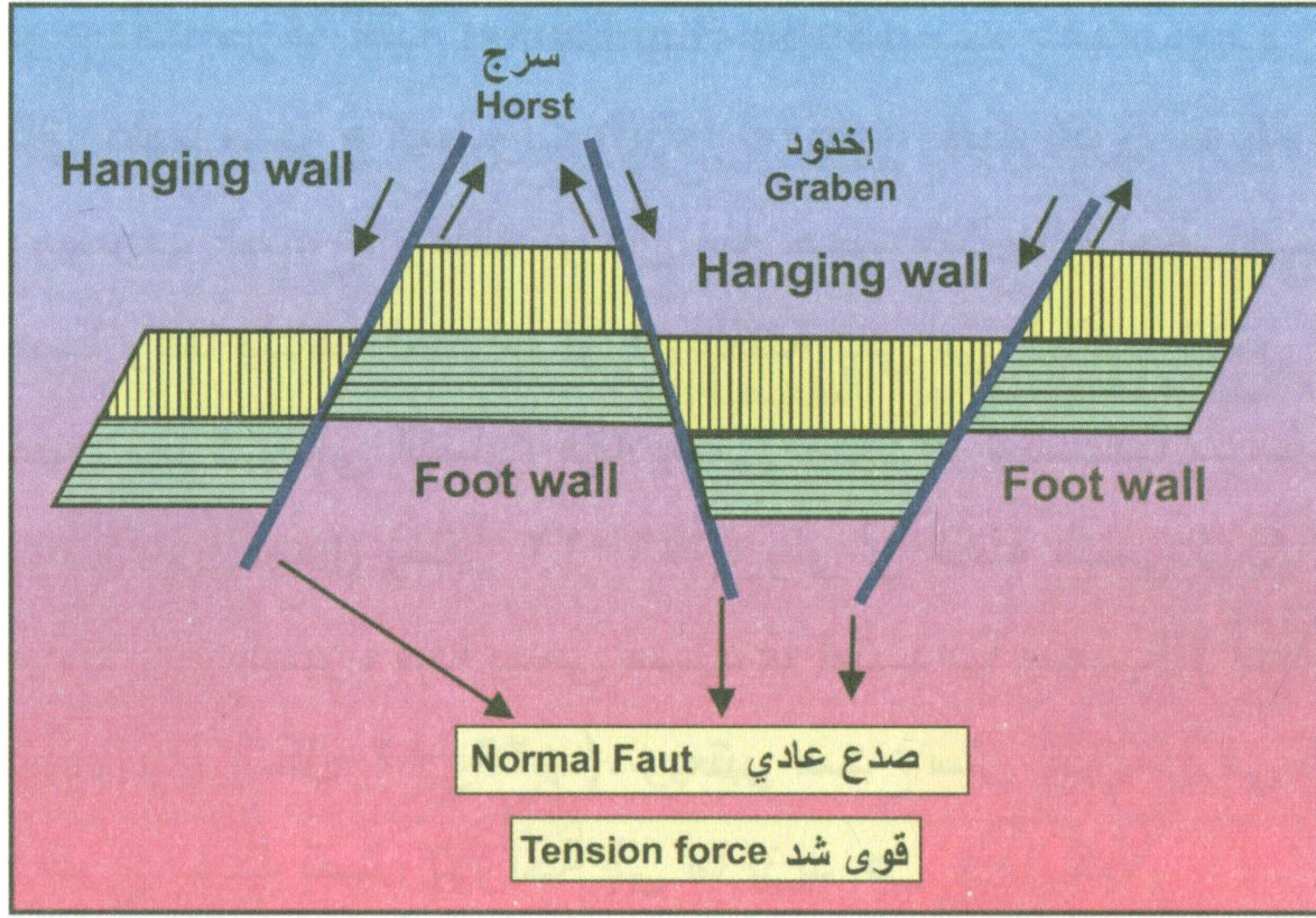
شكل ١٢-٢٢. (أ) صدع عادي، (ب) صدع معكوس.

٣- صدع الدسر (thrust fault): هو صدع معكوس، ولكن زاوية ميله أقل من ٤٥ درجة (شكل ١٢-٢٣). تتم عليه حركة قد تصل إلى عدة كيلومترات.



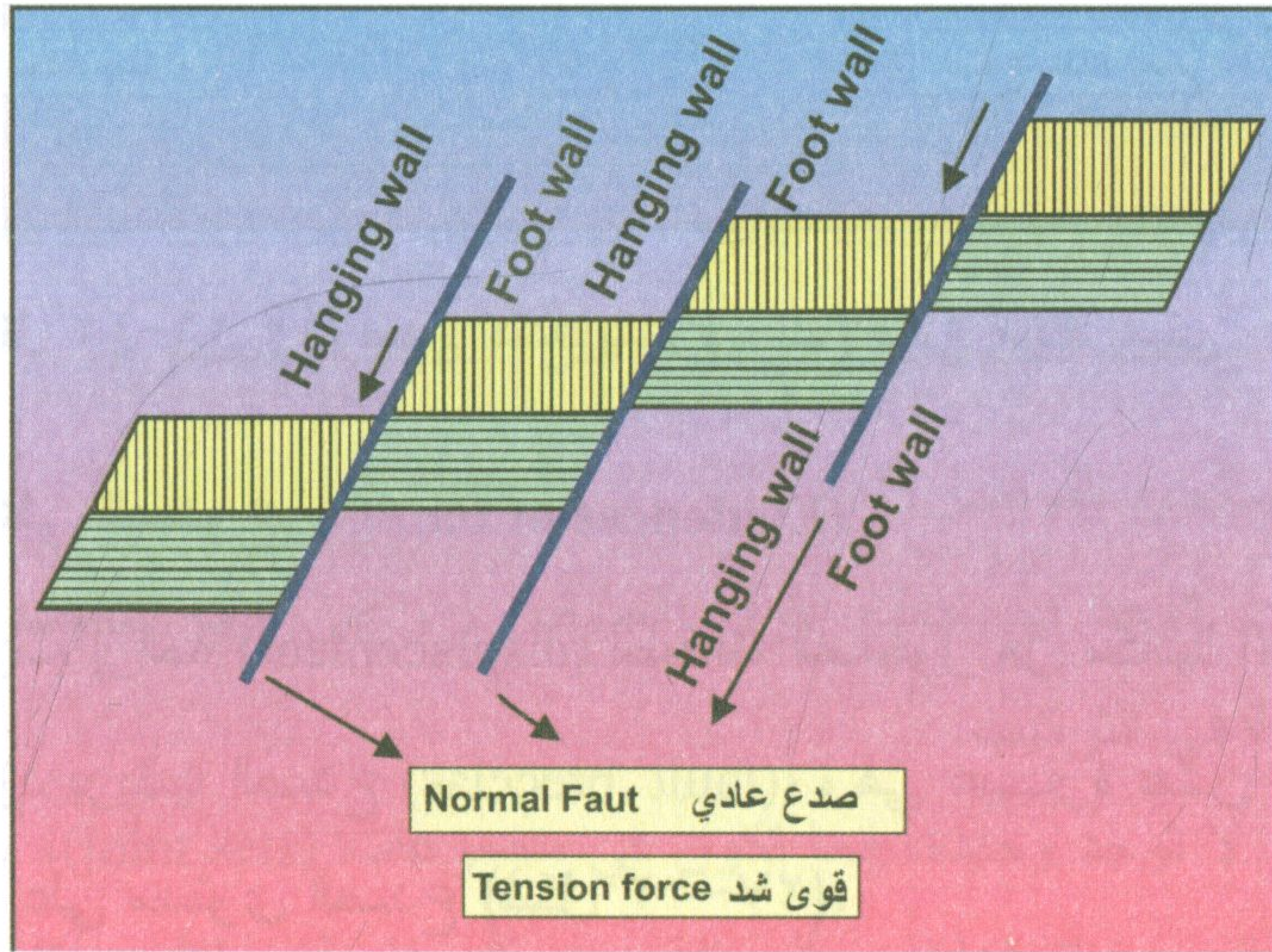
شكل ١٢-٢٣. صدع دسر.

٤- الأخدود (graben) والسرج (horst): تنتج عن قوى شد تؤدي إلى تكوّن صدوع عادية (normal faults) على شكل مجموعات، تميل في اتجاهات عكسية (شكل ١٢-٢٤). حيث تسمى الكتل الهابطة بالأخاديد، بينما تسمى الكتل الصاعدة بالسروج. وفي المناطق التي يسود بها قوى شد، نجد الأخدود ممثلاً بوادي الانهدام (rift valley)، بينما تمثل السروج الجبال التي على جانبي الوادي.



شكل ١٢-٢٤. مجموعة من الصدوع العادية تكّون أخاديدًا وسروجًا.

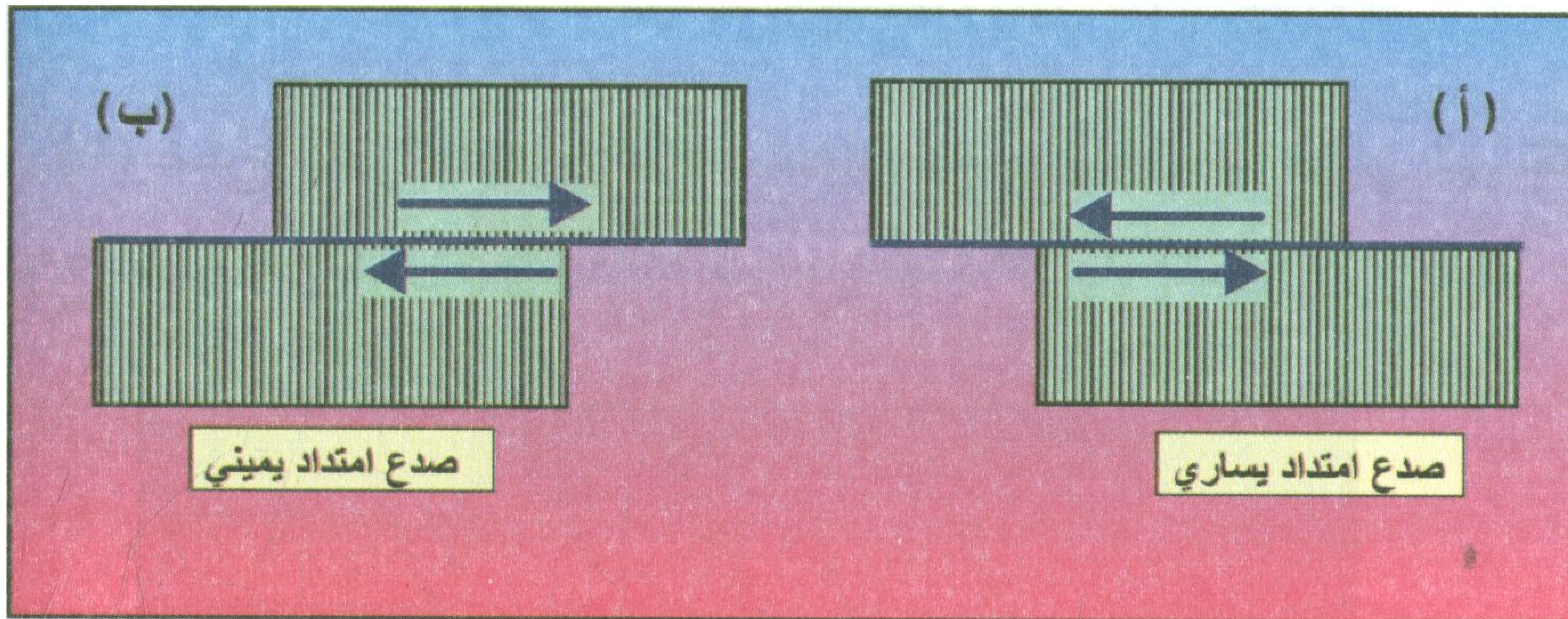
(٥) صدع سلمي (en echelon fault): ينتج من قوى شد تؤدي إلى تكون صدوع عادية على شكل مجموعات تميل في نفس الاتجاه (شكل ١٢-٢٥).



شكل ١٢-٢٥. مجموعة من الصدوع العادية تكّون صدعًا.

(ب) صدوع ذات حركة أفقية (Strike-Slip Faults)

ويطلق عليها صدوع المضرب (strike slip)، حيث تكون حركة الصدع في اتجاه مضرب الصدع، وهناك نوعان منه حسب شكل الإزاحة. نفترض أن هناك شخصًا واقفًا يشاهد الصدع، لو أن الكتلة التي في الجانب الآخر بالنسبة لهذا الشخص تحركت إلى اليسار، فإنه يسمى صدعًا امتداديًا يساريًا (left-lateral strike-slip fault) (شكل ١٢-٢٦أ)، ولو أن الكتلة التي في الجانب الآخر تحركت إلى اليمين، فإنه يسمى صدعًا امتداديًا يمينيًا (right-lateral strike-slip fault) (شكل ١٢-٢٦ب). ويعتبر صدع سان أندرياس في كاليفورنيا مثلا لهذا النوع، حيث تصل الإزاحة إلى ما يزيد عن ٦٠٠ كم.



شكل ١٢-٢٦. (أ) صدع امتداد يساري، (ب) صدع امتداد يميني.

الشواهد الدالة على الصدوع (Evidences of Faults)

١- حدوث إزاحة (displacement) لطبقات الصخور من مكانها الأصلي.

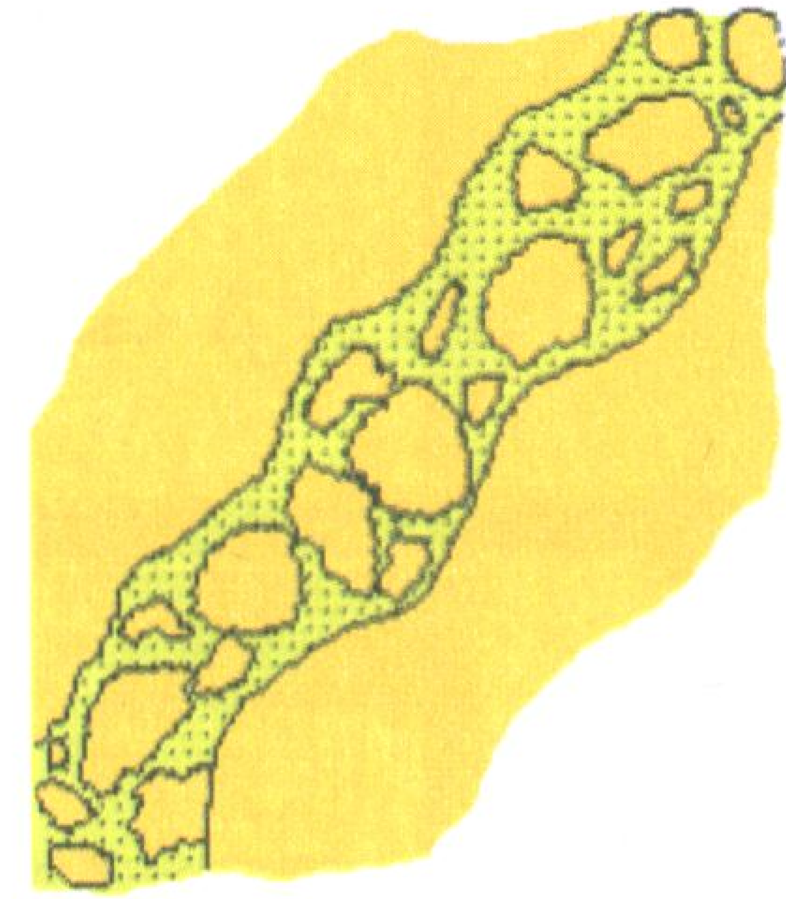
٢- وجود بريشيا الصدع (fault breccias)، وهي عبارة عن صخور مهشمة توجد على مستوى الصدع (شكل ١٢-٢٧).

٣- وجود خدوش أو بروز (slickensides) على سطح الصدع (شكل ١٢-٢٨).

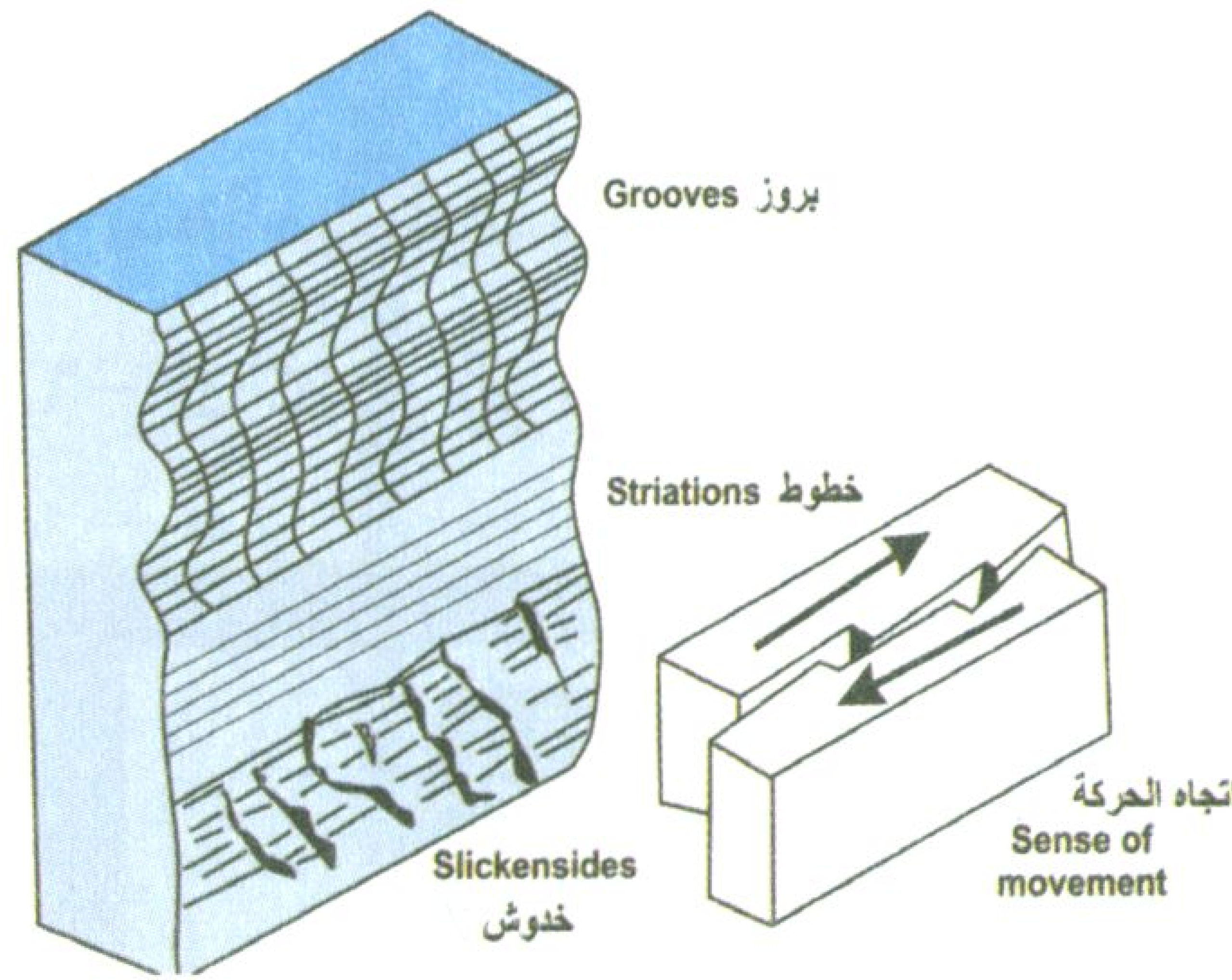
٤- وجود طيات مسحوبة (drag folds).

٥- تكوّن السيليكا، أو معادن أخرى على سطح الـصدع (silicification, mineralization).

٦- اختلاف التضاريس الطبيعية.



شكل ١٢-٢٧. بريشيا الصدع.



شكل ١٢-٢٨. خدوش وخطوط وبروز على سطح الصدع.

الفواصل (Joints)

الفواصل هي نوع من الكسور بالصخور غير مصحوبة بحركة، ولها أسطح مستوية، وهي ليست كسورًا عشوائية، وإنما تتخذ اتجاهات معينة، لها علاقة بالتراكيب الجيولوجية الرئيسة، مثل الطيات والصدوع.

ومن خصائص الفواصل:

١- توجد في جميع أنواع الصخور، وعلى وجه الخصوص الصخور المتجانسة في التركيب.

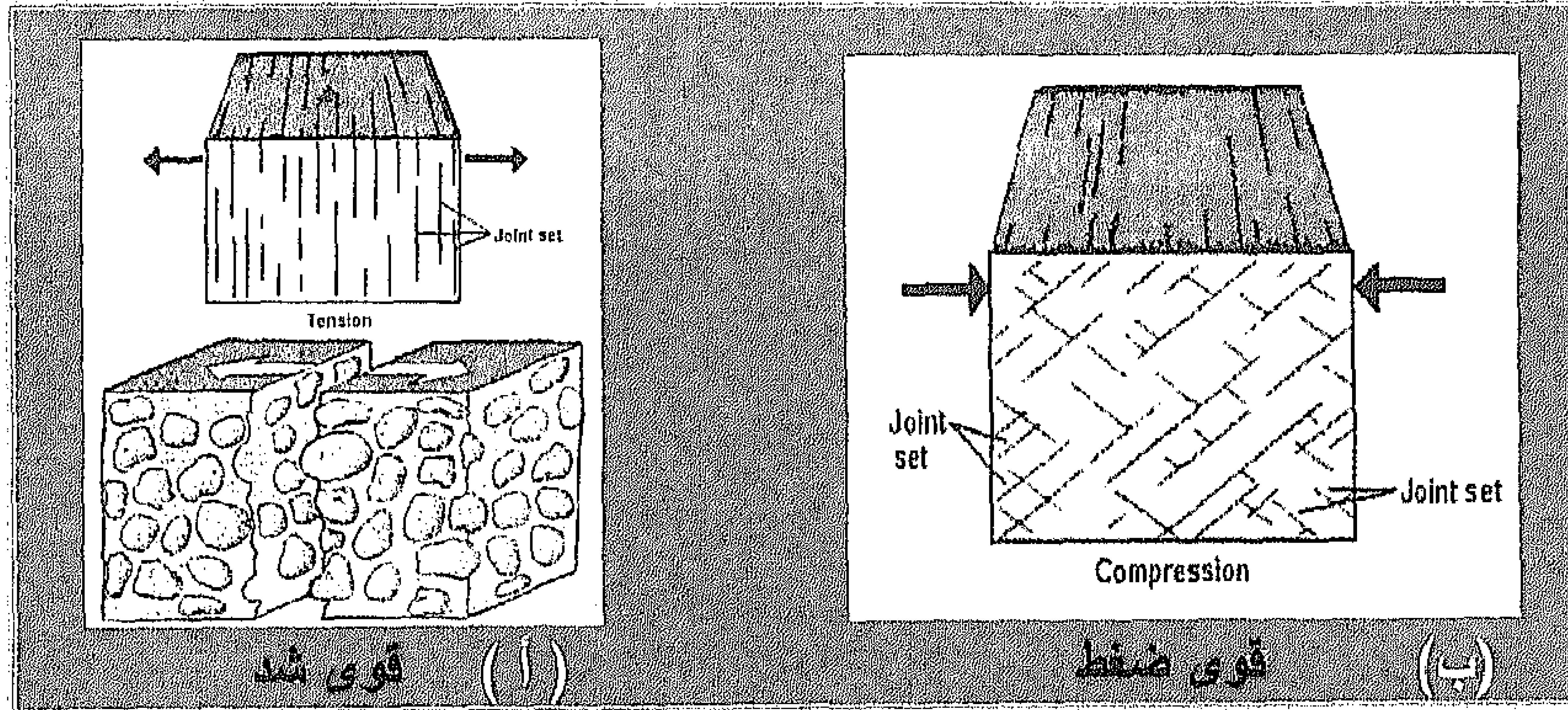
٢- لا توجد وحيدة، إنما تكون في مجموعات (joint sets)، وكل مجموعة لها خصائص واتجاهات، والمسافة بين كل فاصل والآخر تتراوح بين عدة سنتيميترات وعشرات الأمتار.

٣- إذا وجد أكثر من مجموعة فواصل ولها اتجاه معين، فإنه يسمى بنظام الفواصل (joint system).

٤- تنتج عن قوى شد (tension) أو قوى ضغط (compression) (شكل ١٢-٢٩).

٥- قد تنتج الفواصل من قوى الشد الناتجة عن انكماش الصخور النارية عند تبريدها من الصهارة.

٦- قد تنتج الفواصل على قمة الطيات المحدبة نتيجة قوى شد.



شكل ١٢-٢٩. (أ) فواصل ناتجة عن قوى شد، (ب) فواصل ناتجة عن قوى ضغط.

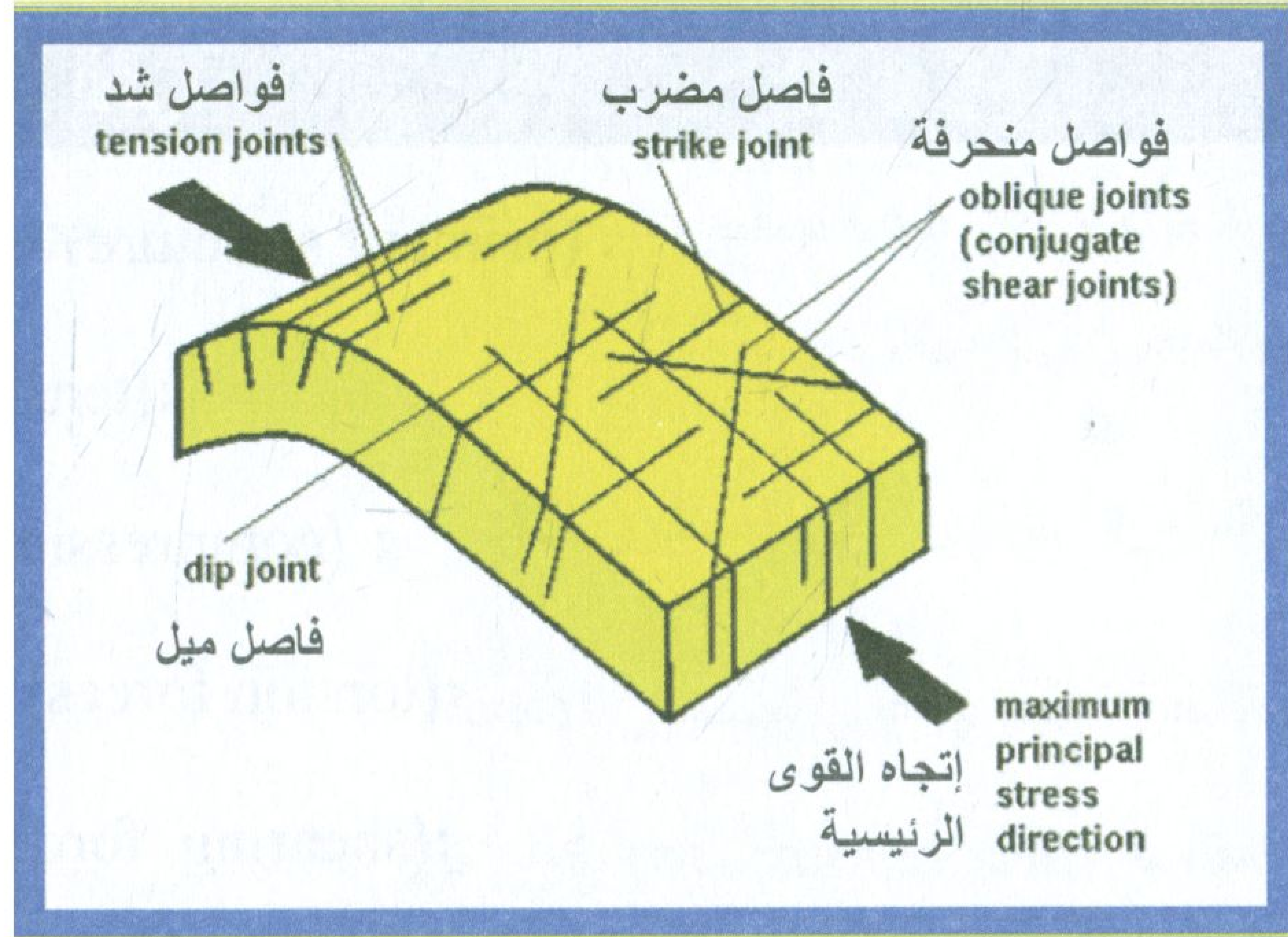
أنواع الفواصل (Types of Joints)

اعتمادًا على اتجاه المضرب ومقدار ميل سطح الفاصل، تصنف الفواصل إلى:

١- فواصل المضرب (strike joints): أي فواصل موازية لاتجاه مضرب التراكيب الرئيسة (شكل ١٢-٣٠).

٢- فواصل موازية للميل (dip joints): تكون موازية لاتجاه ميل سطح التراكيب الرئيسة (شكل ١٢-٣٠).

٣- الفواصل المنحرفة (oblique joints): وهي الفواصل التي لا تــوازي المضرب، ولا اتجاه الميل (شكل ١٢-٣٠).



شكل ١٢-٣٠. أنواع الفواصل المختلفة.

٤- الفواصل العمدانية (columnar joints): وهي فواصـــل عموديـــة ذات شكل سداسي، توجد في الصخور المتجانسة دقيقة التحبب، مثل البازلت (شـــكل ١٢-٣١).



شكل ١٢-٣١. فواصل عمدانية سداسية الشكل من البازلت.

أسئلة وتدريبات

١- عرف كل من الآتي:

- التراكيب الأولية (primary structure) :
- قوى شد (tension):
- قوى ضغط (compression) :
- قوى الازدواج (torsion forces):
- قوى القص (shearing forces):
- الإجهاد (stress) :
- الانفعال (strain) :
- الطية النائمة أو المضطجعة (recumbent fold):
- مستوى الصدع (fault plane) :
- مضرب الصدع (fault strike):
- ميل الصدع (fault dip):
- رمية الصدع (fault thrown side) :
- رمية الصدع السفلى (downthrown side) :
- رمية الصدع العليا (upthrown side) :
- حائط معلق (hanging wall):
- حائط القدم (foot wall):

٢- ضع بين القوسين علامة √ أو X أمام العبارات التالية (ثم صحح الخطأ إن وجد):

١. اتجاه ميول الجناحين في الطية المحدبة (anticline) متباعدين عن المستوى المحوري للطية. ( )

٢. اتجاه ميول الجناحين في الطية المقعرة (syncline) متقابلين باتجاه المستوى المحوري للطية. ( )

٣. قلب الطية المقعرة يحتوي على الصخور الأقدم. ( )

٤. قلب الطية المحدبة يحتوي على الصخور الأحدث. ( )

٥. في الطية المقلوبة (overturned fold) يكون ميل الطبقات في نفس اتجاه المحور، وميل الجناحين في نفس الاتجاه. ( )

٣- أجب على الأسئلة الآتية:

(١) اذكر بالجدول الآتي الفرق بين:

التشوة المرن (elastic deformation)	التشوه اللدن (plastic or ductile deformation)	التشوه بالانهيار (rupture deformation)

(٢) اذكر الفرق بين الطية المتماثلة (symmetrical fold) والطية غير المتماثلة (asymmetrical fold) ؟

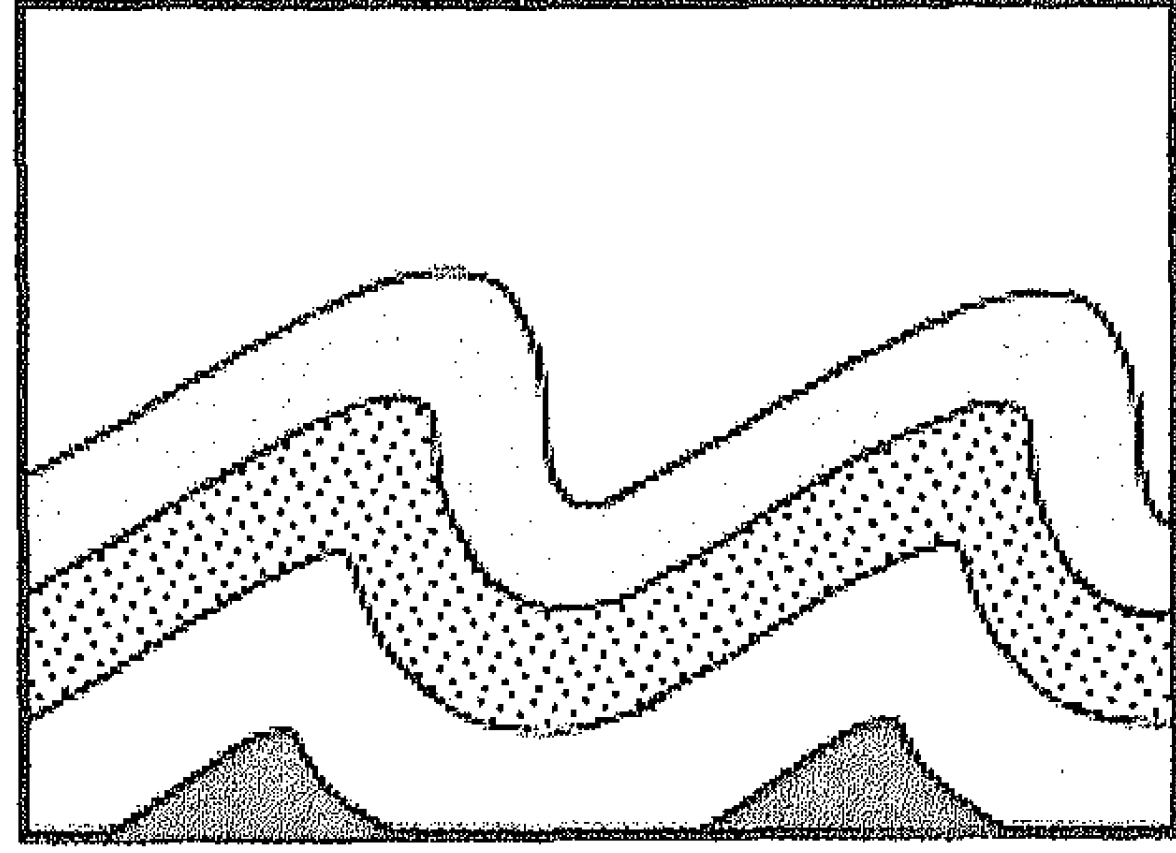
(٣) اذكر الفرق بين الصدع والفاصل ؟

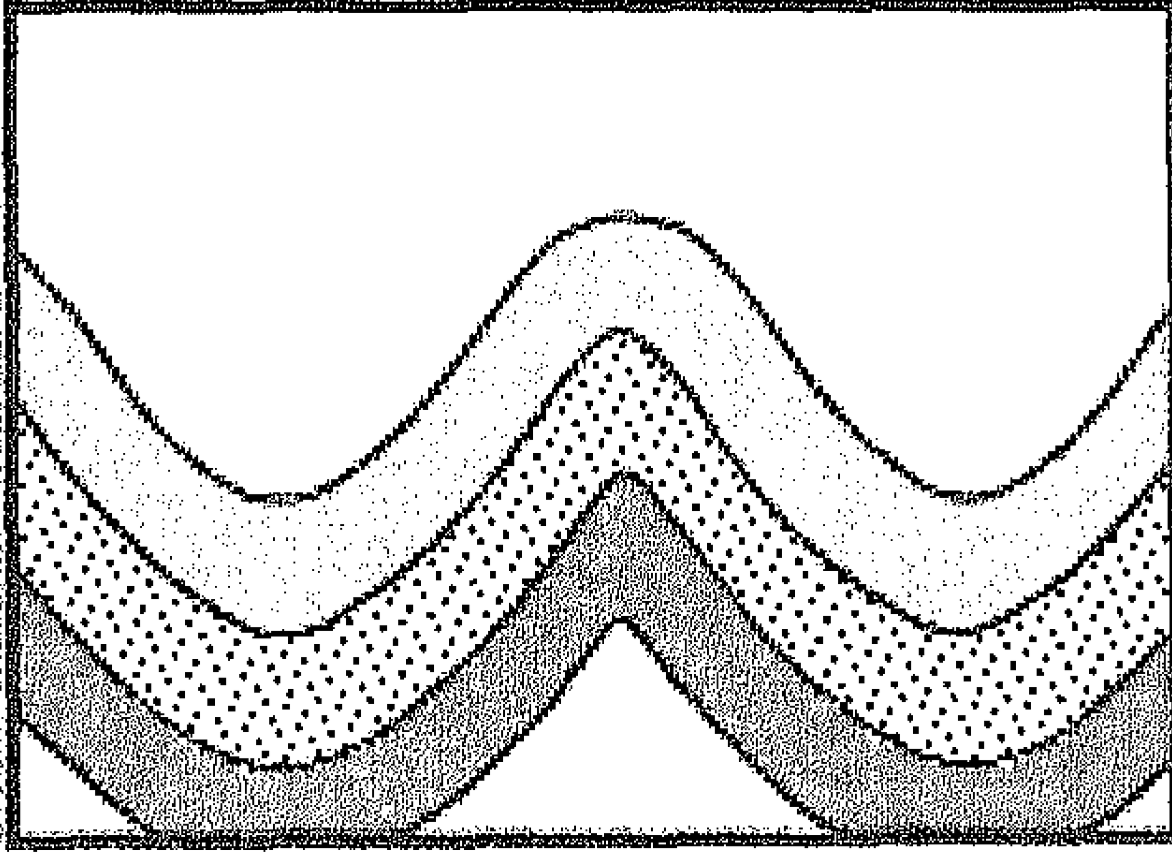
(٤) اذكر أربعة أدلة وشواهد على وجود الصدوع ؟

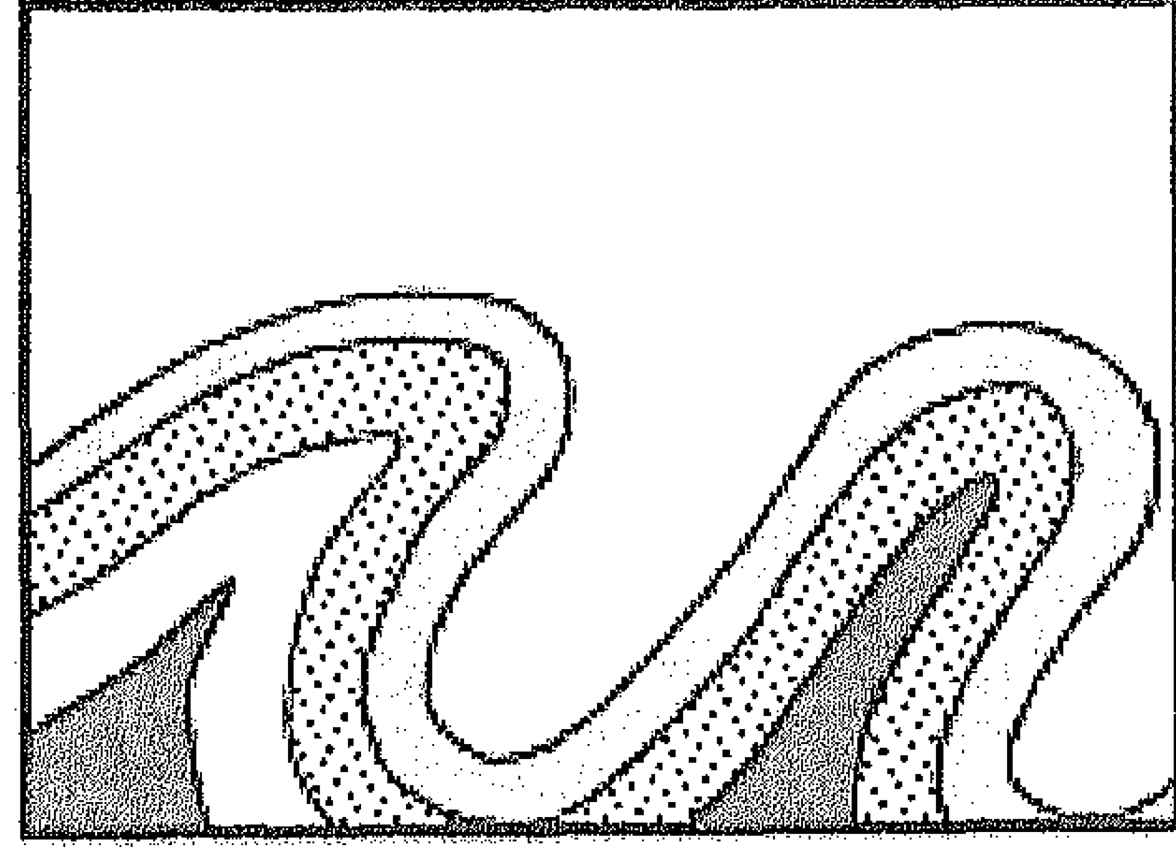
(٥) ناقش الأنواع المختلفة من الصدوع ونوع القوة المسببة لها ؟

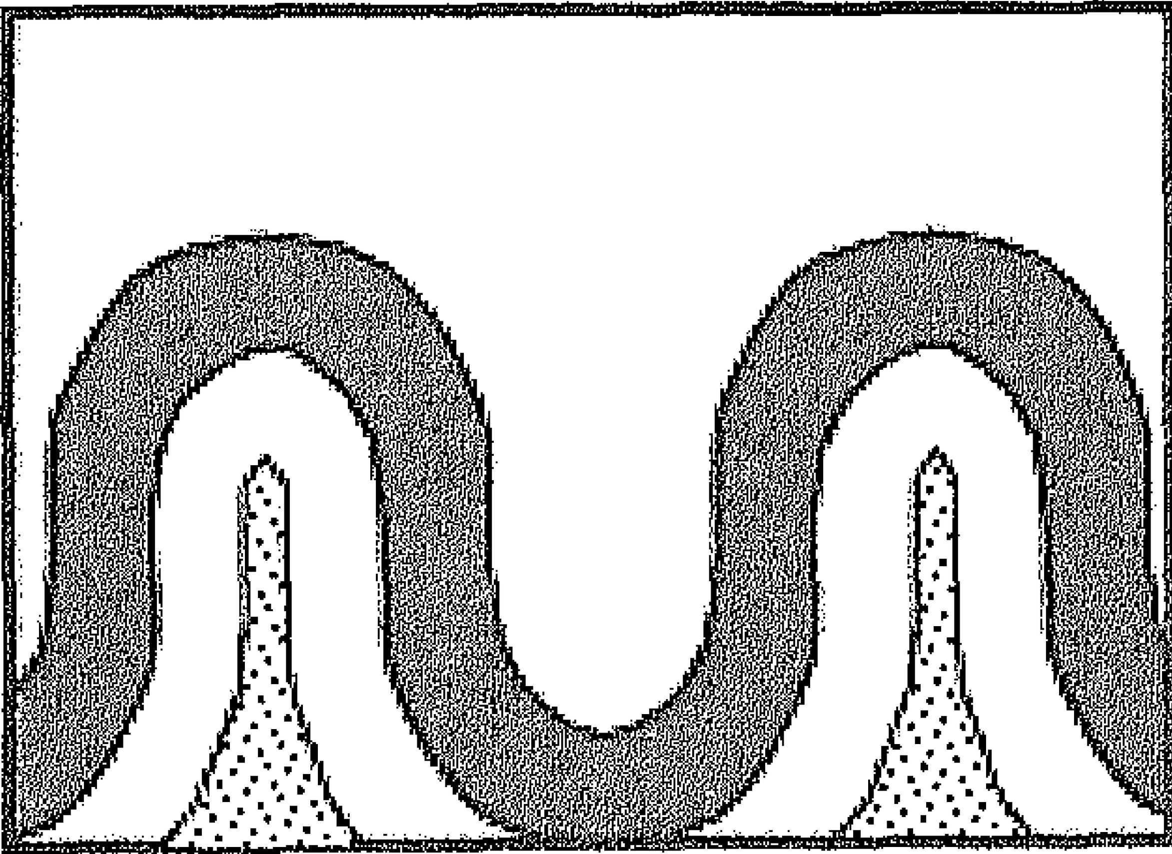
(٦) ناقش الأنواع المختلفة من الفواصل ونوع القوة المسببة لها ؟

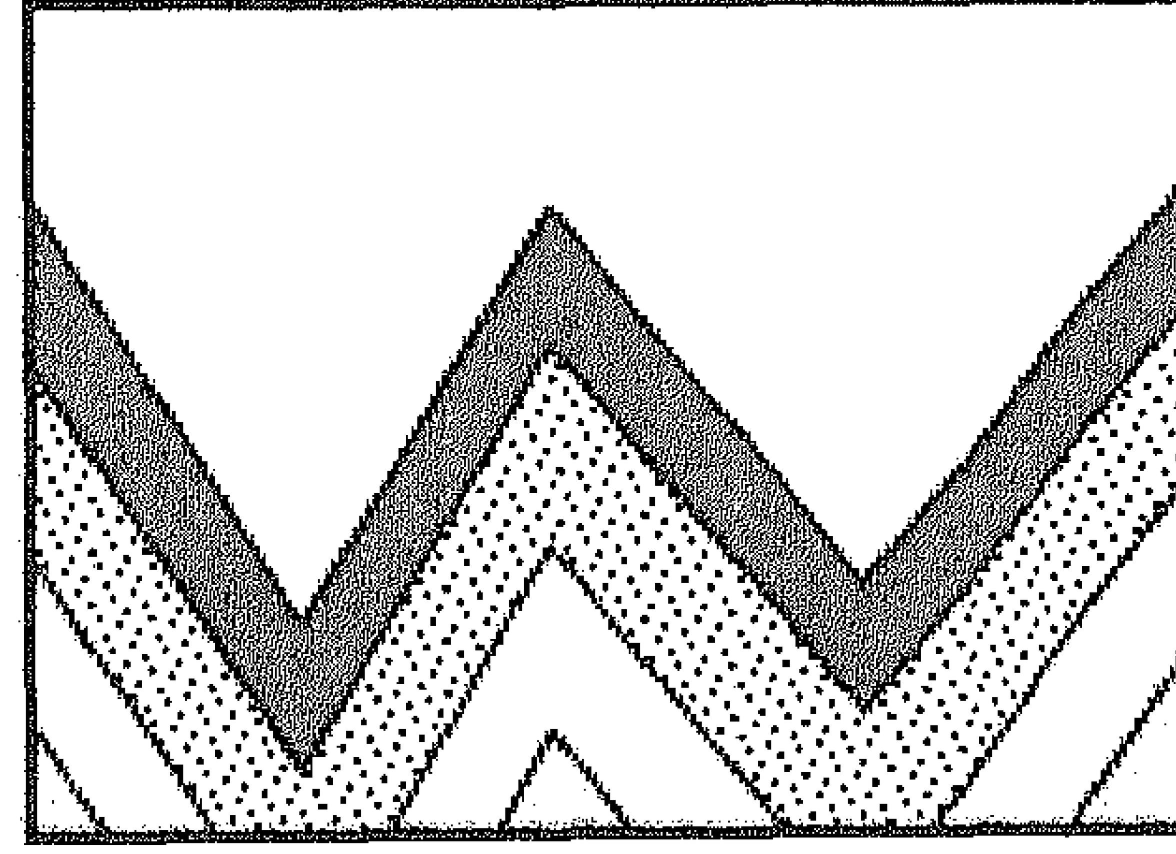
(٧) اكتب نوع الطية على كل شكل من الأشكال التالية:

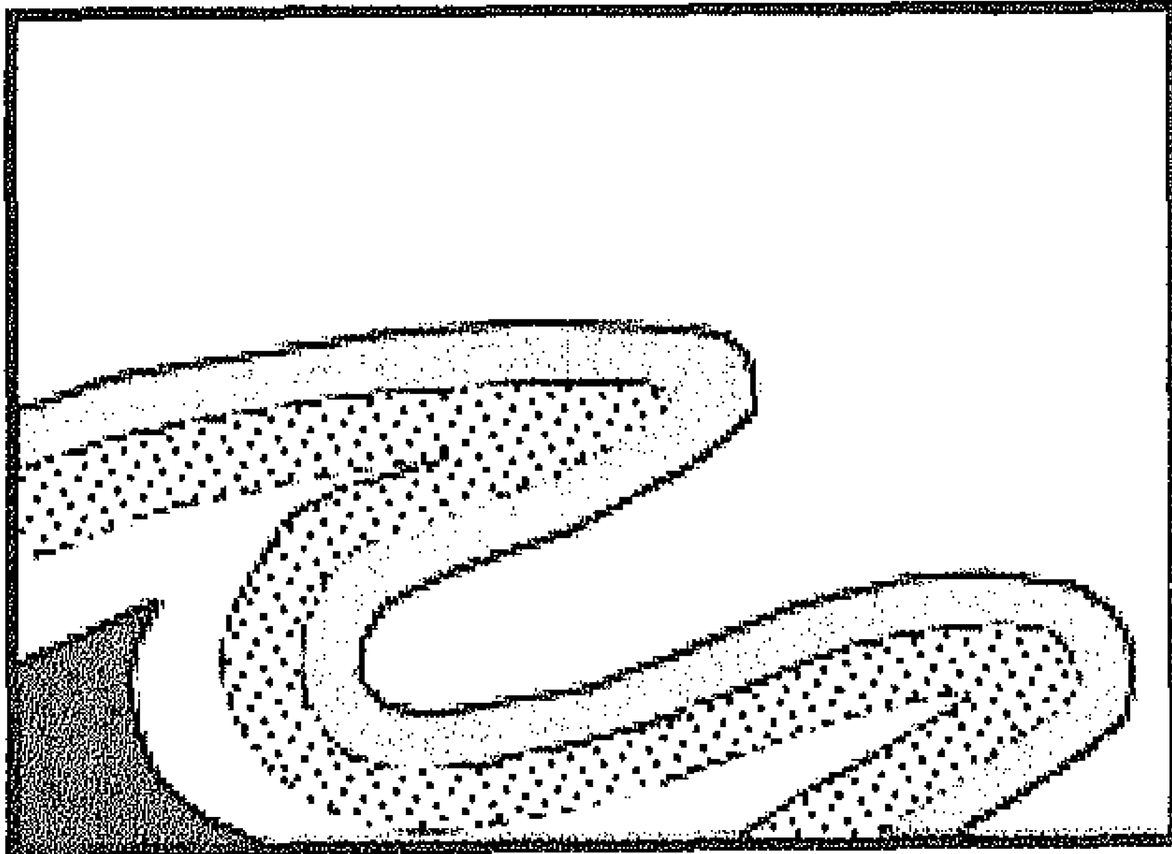






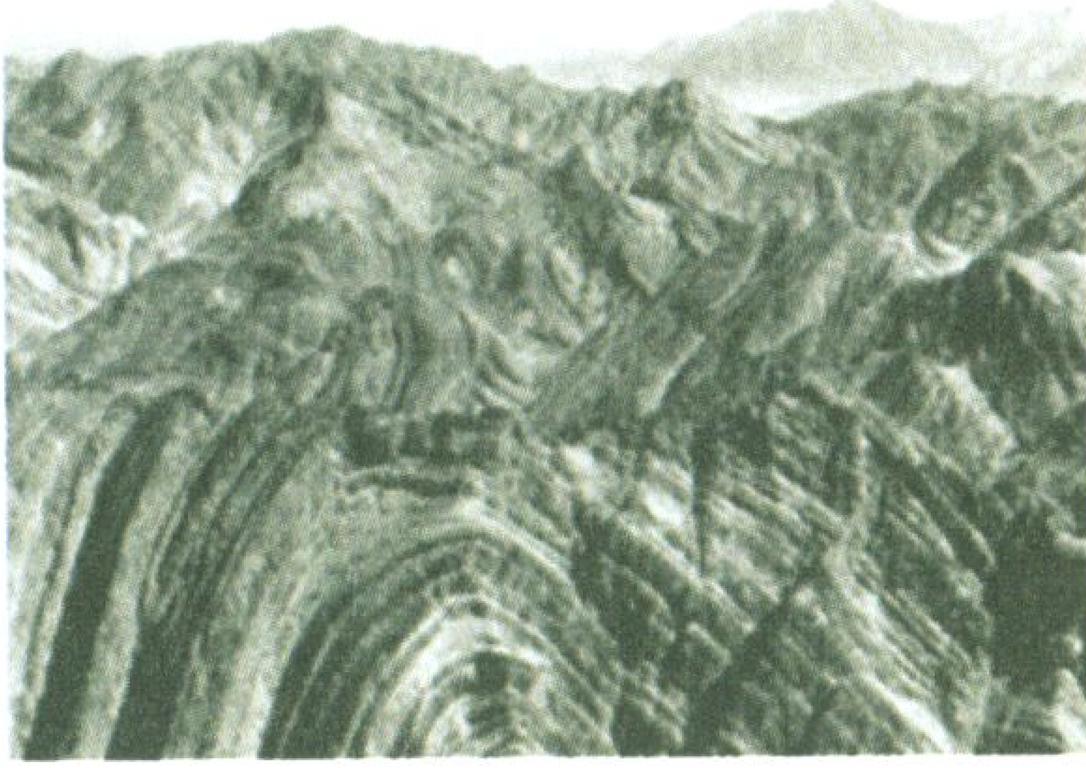


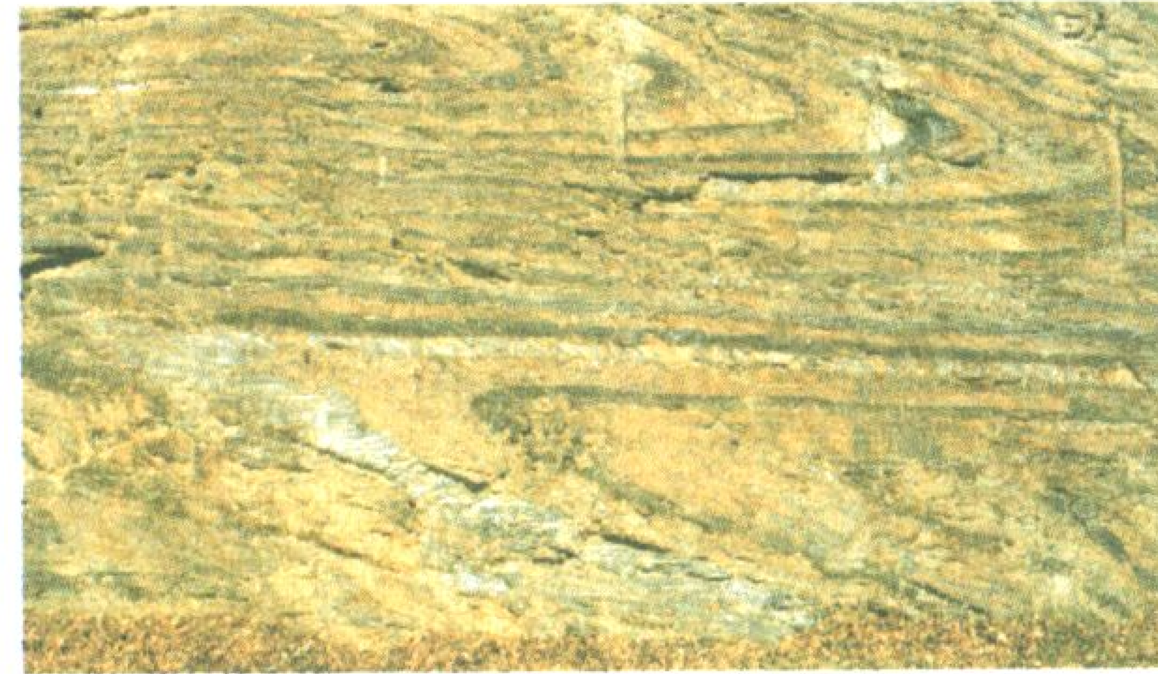


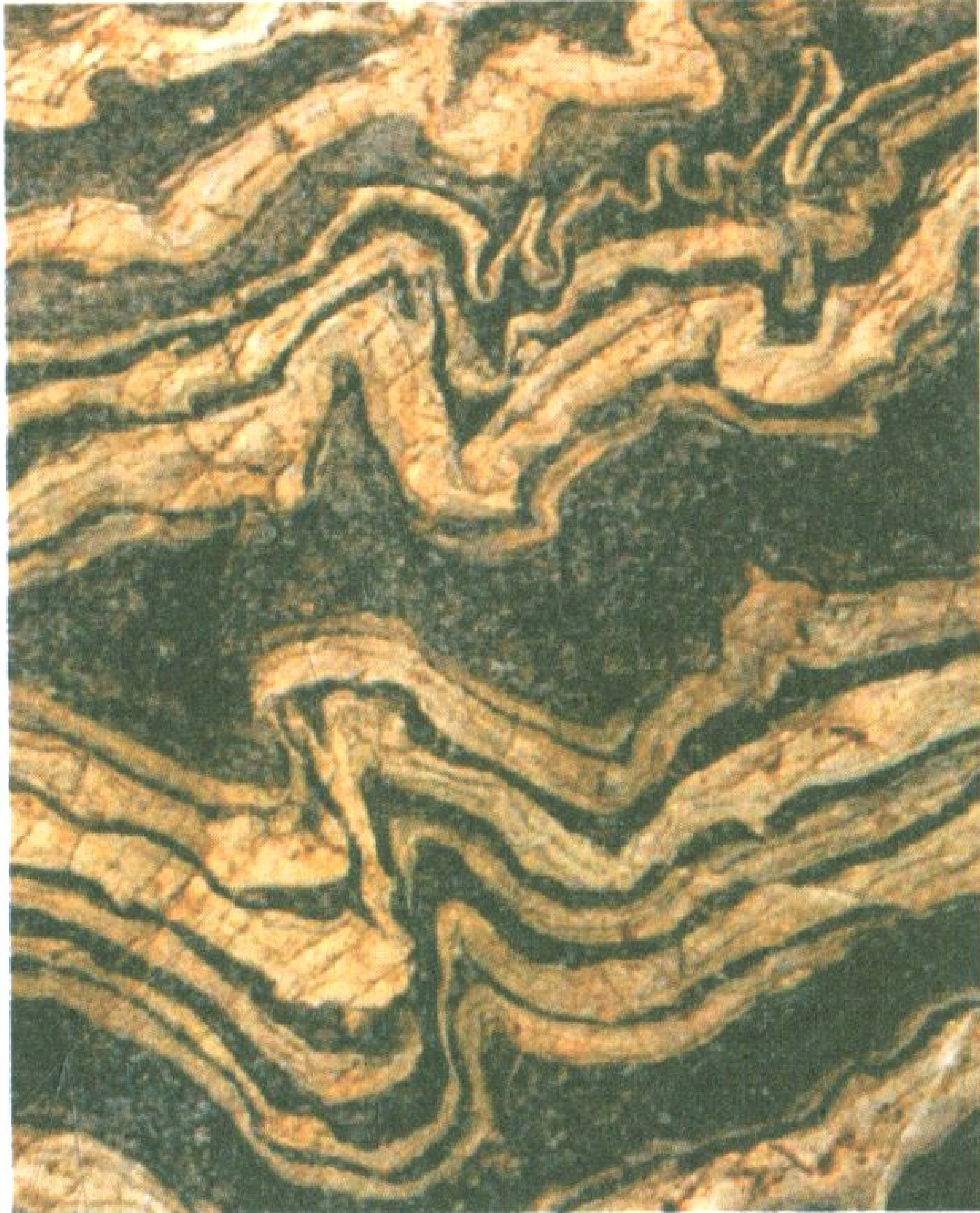


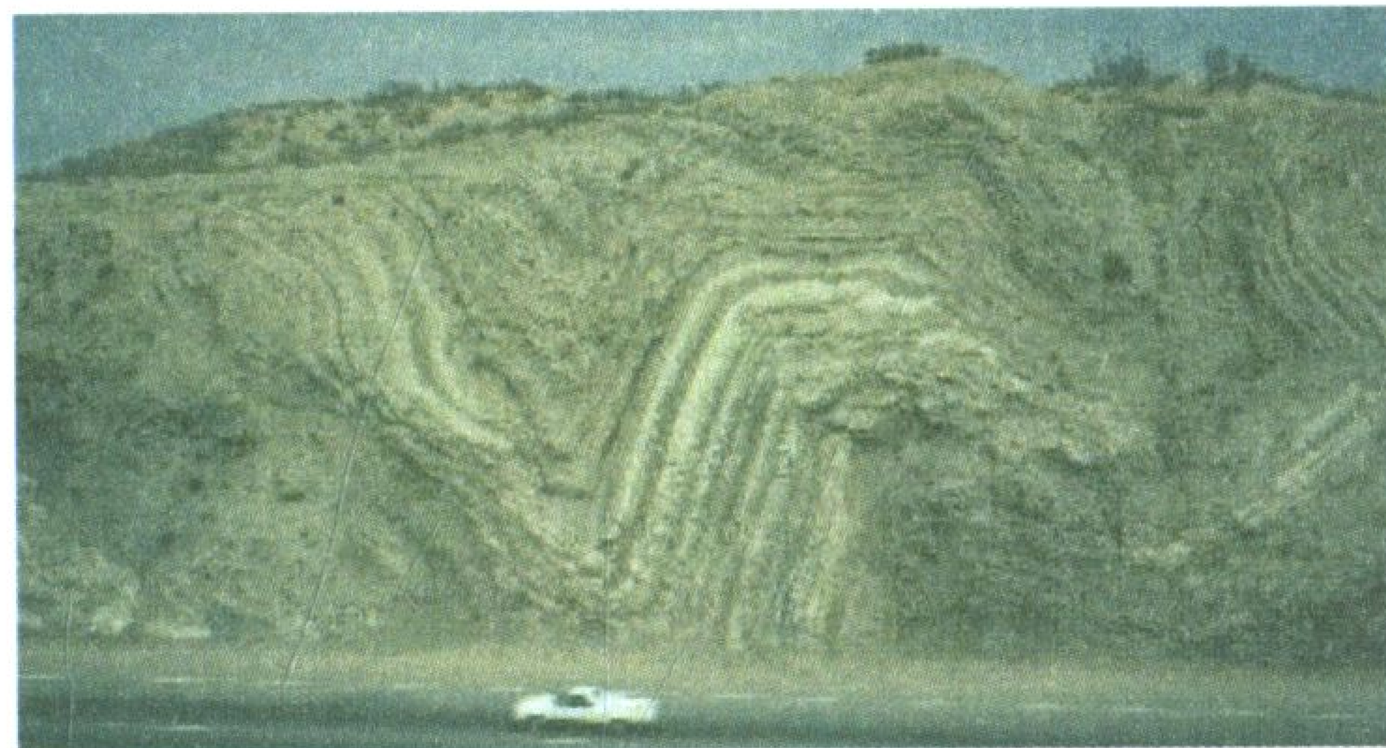
(٨) اكتب نوع الطية على كل شكل من الأشكال التالية:



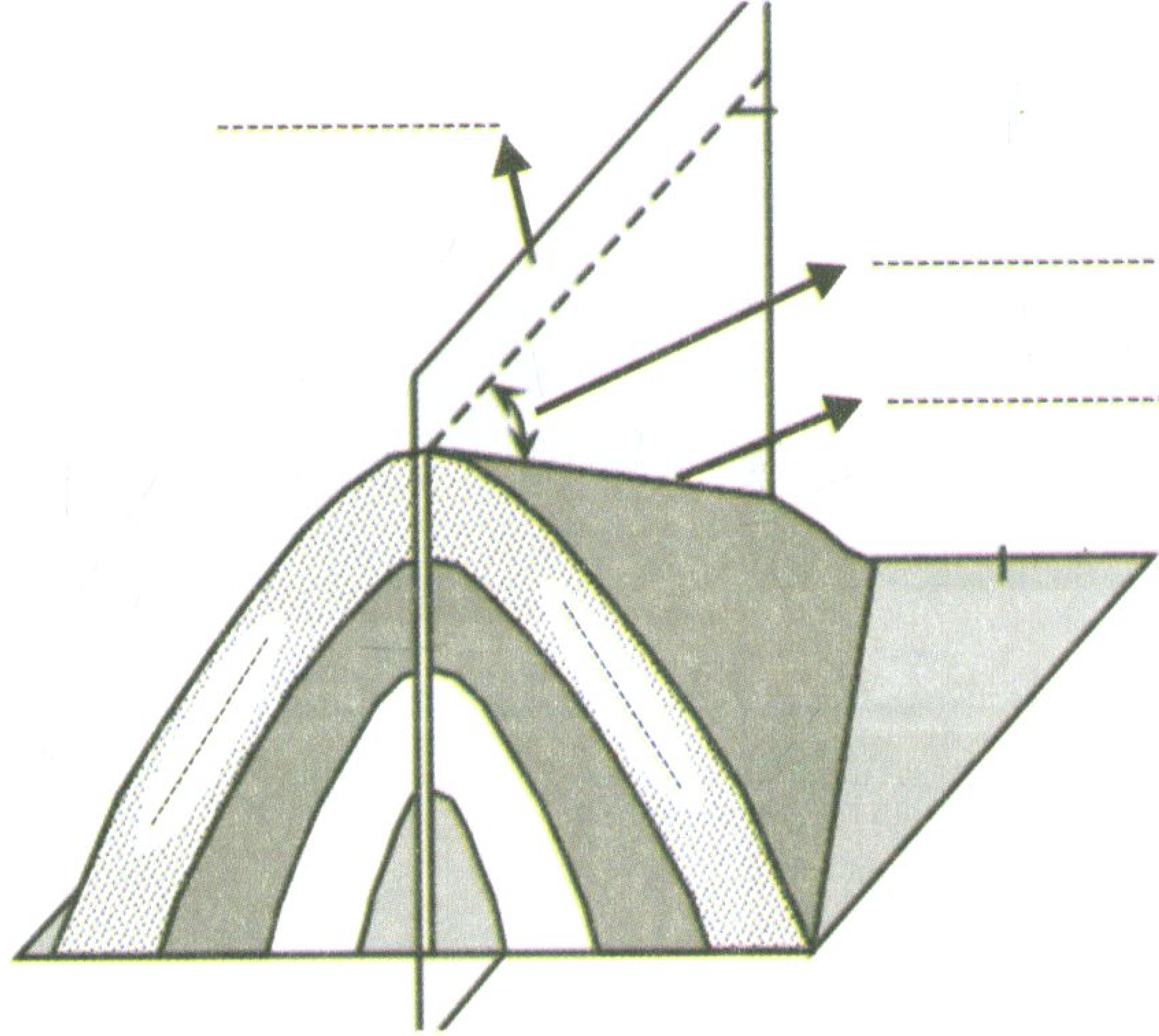




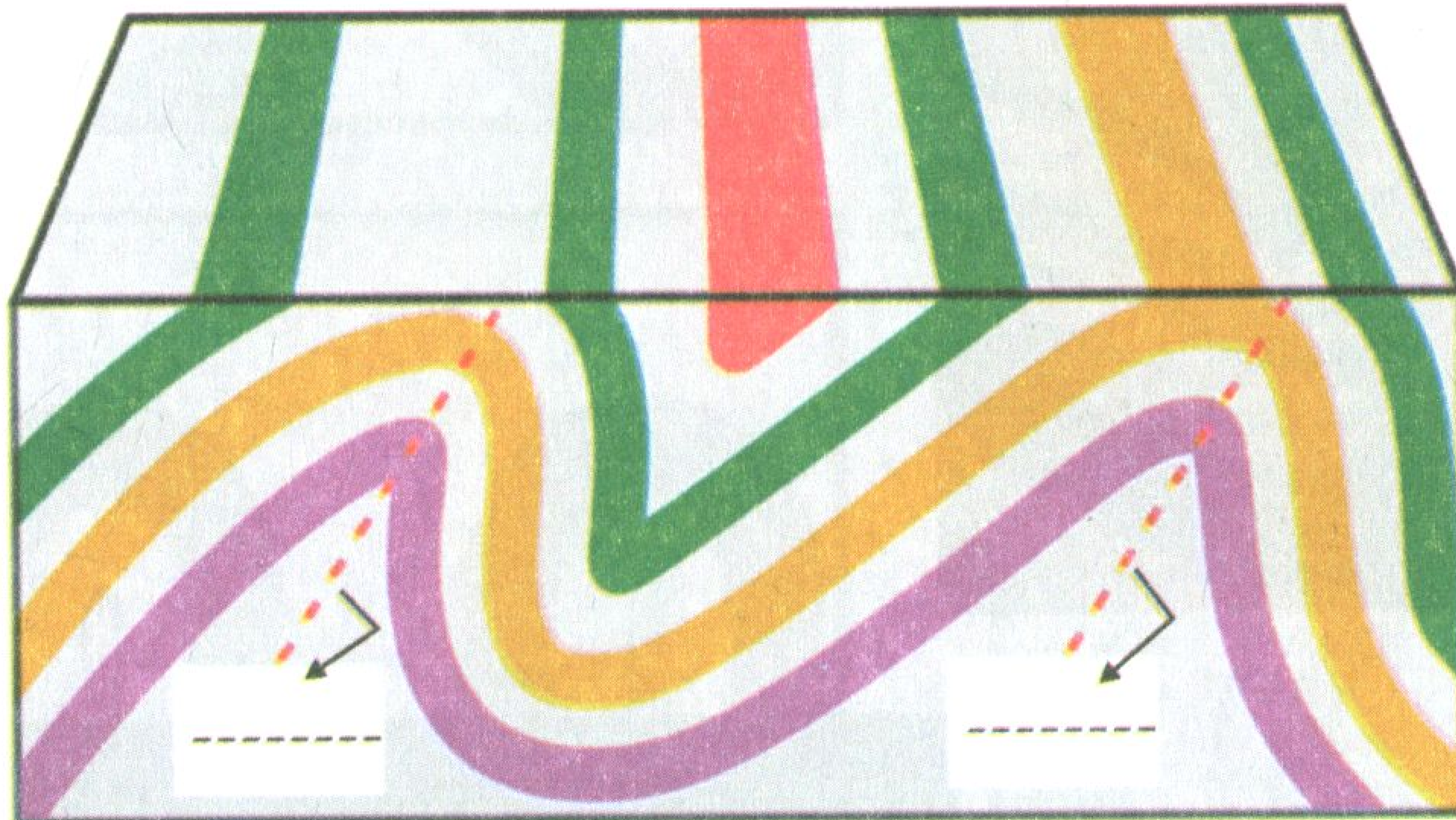


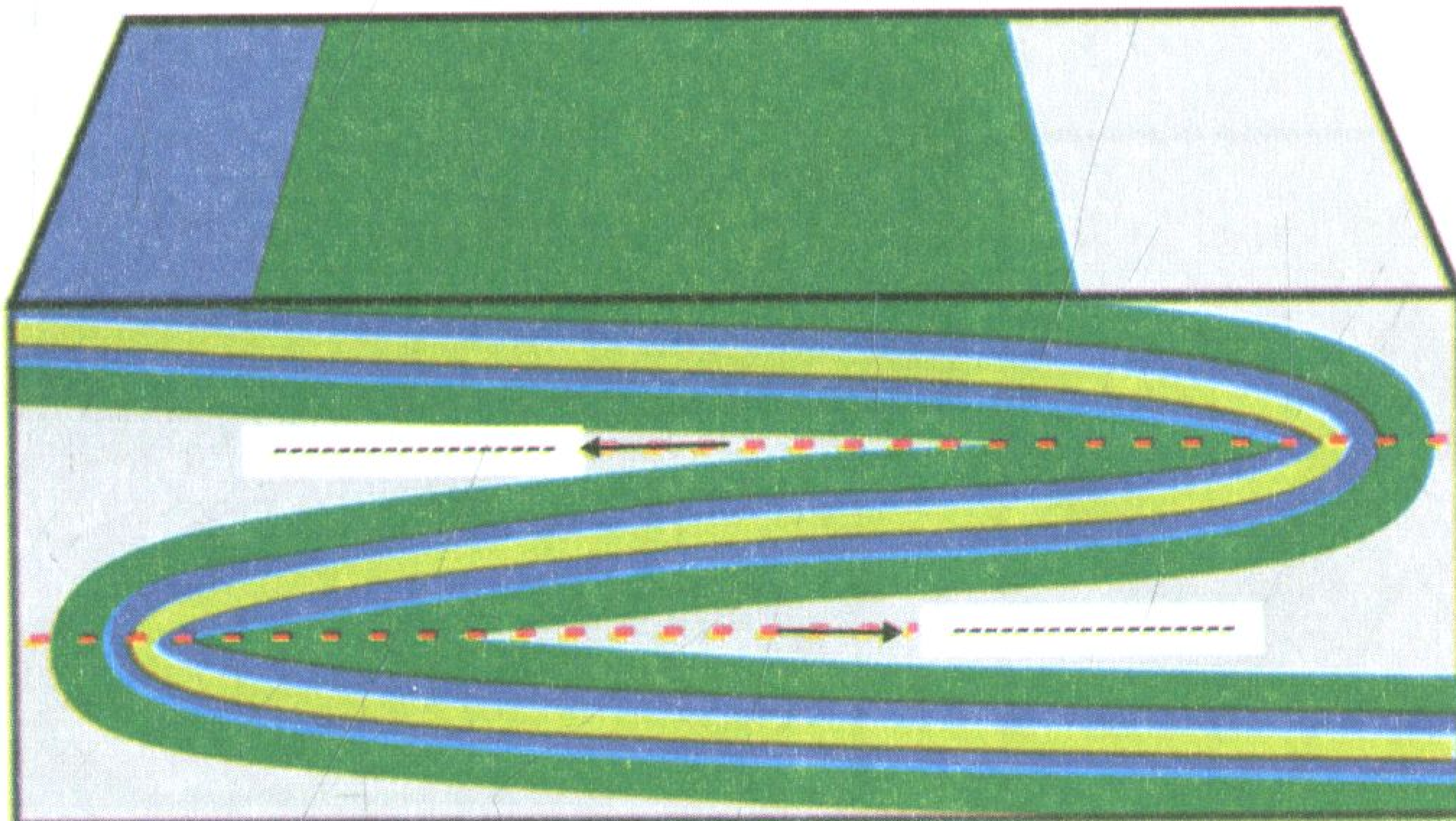


(٩) اذكر أجزاء الطية على الشكل التالي؟

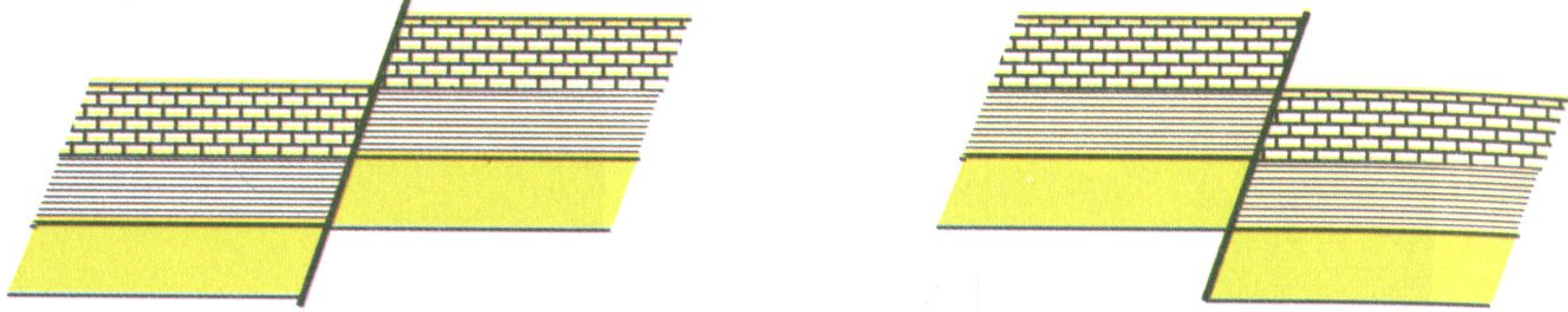


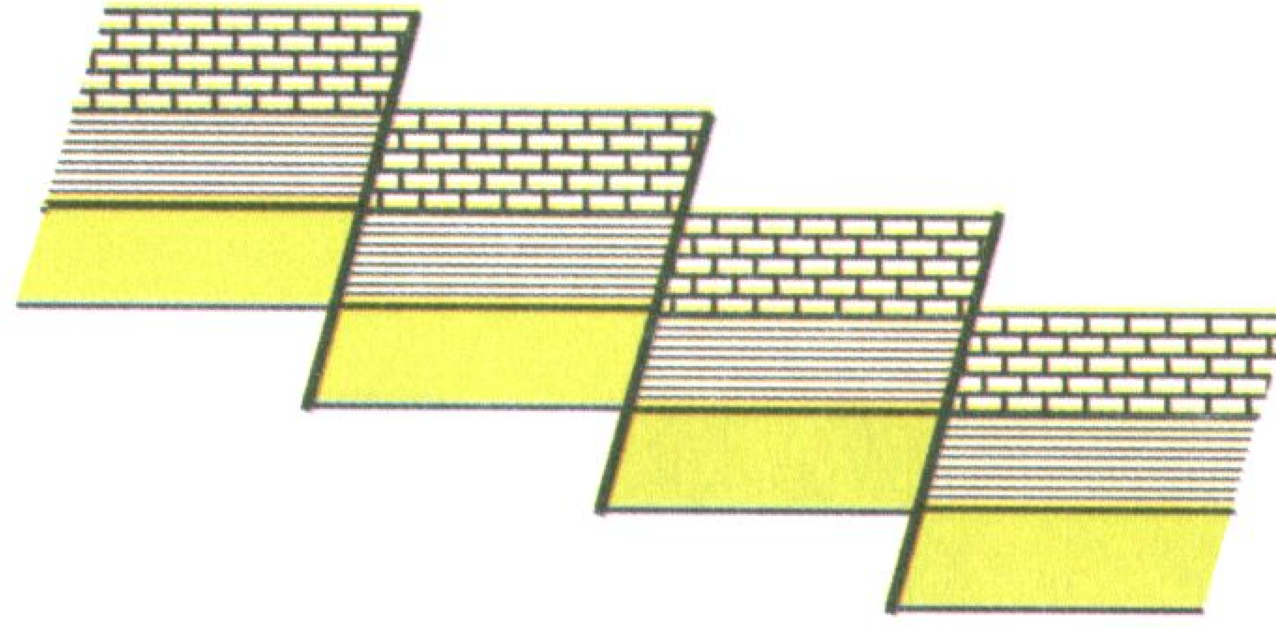
(١٠) اذكر نوع الطية في الأشكال الآتية، واكمل ما هو بالرسم؟

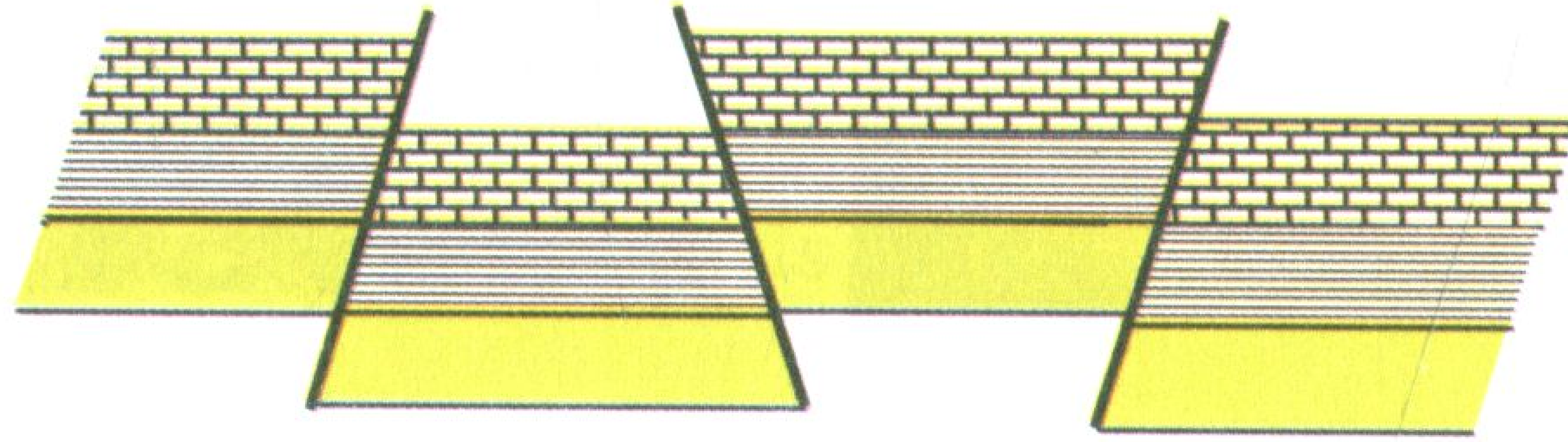


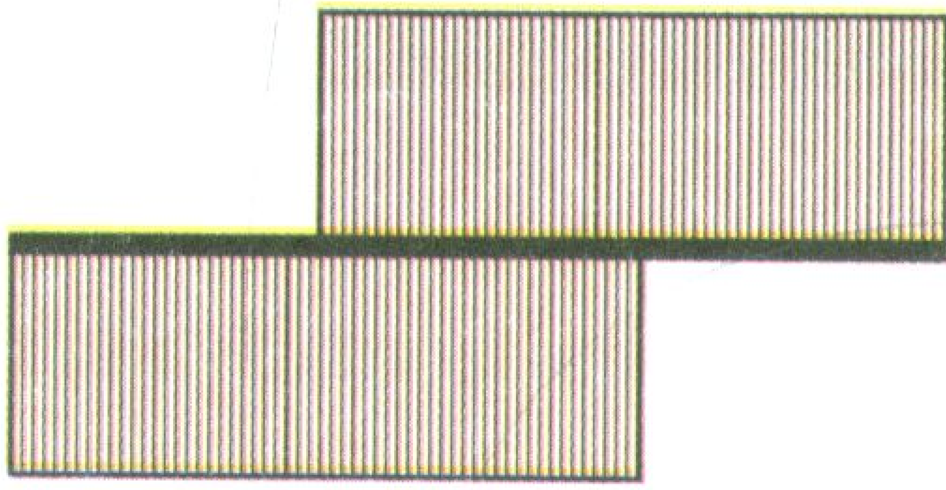


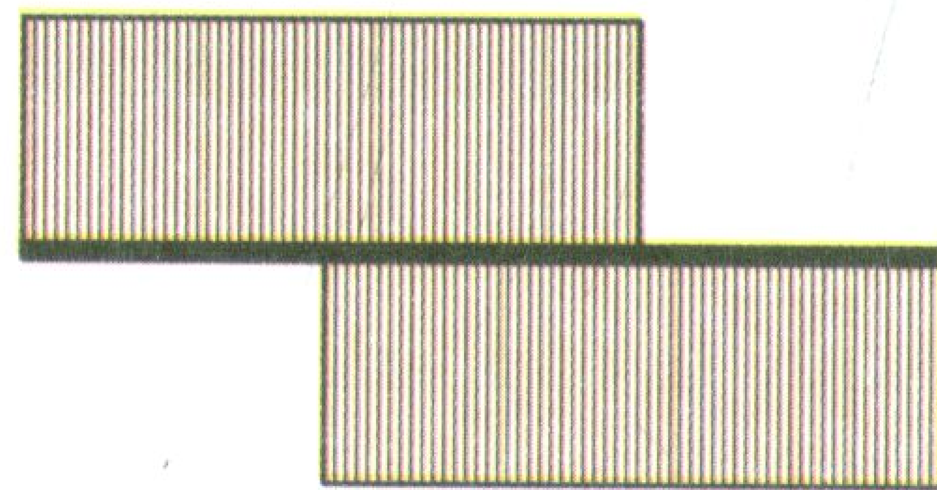
(١١) حدد في الأشكال الآتية نوع التركيب ونوع القوى المسببة له، ووضح على الرسم الحوائط المختلفة واتجاه الحركة؟

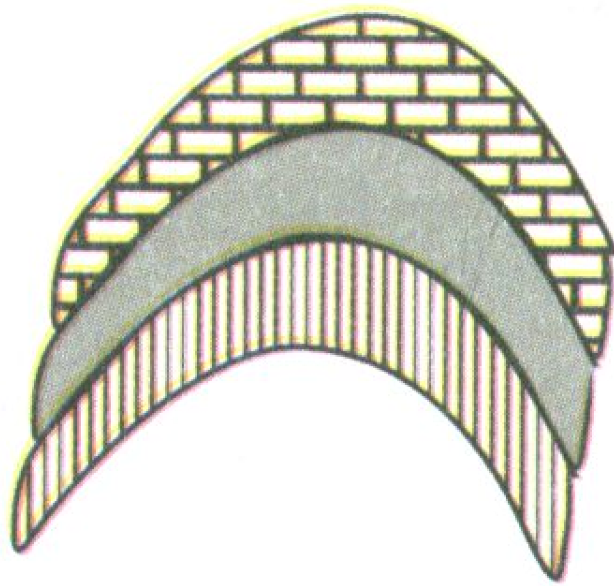


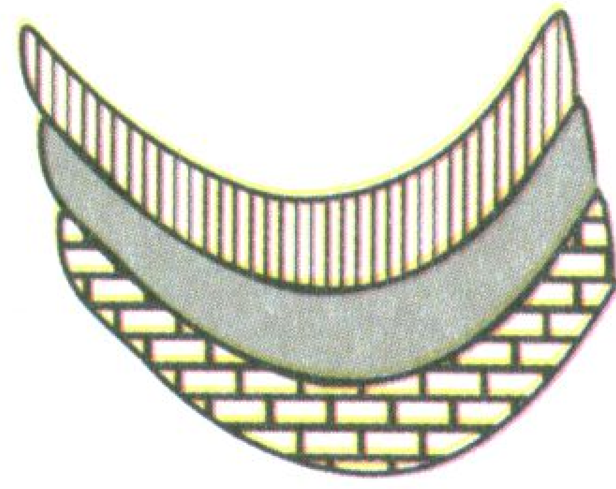


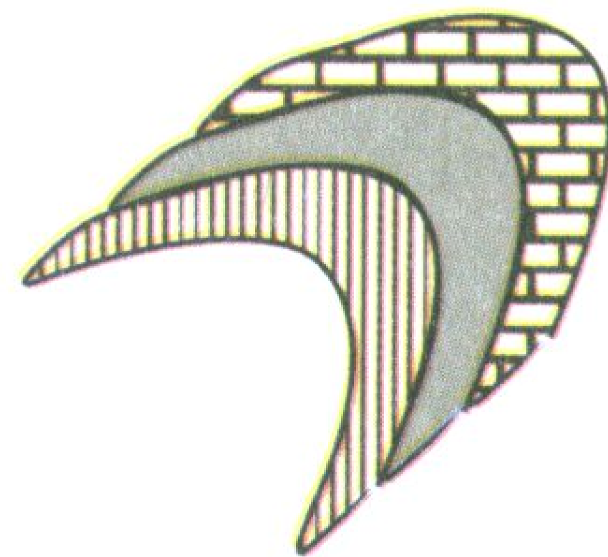


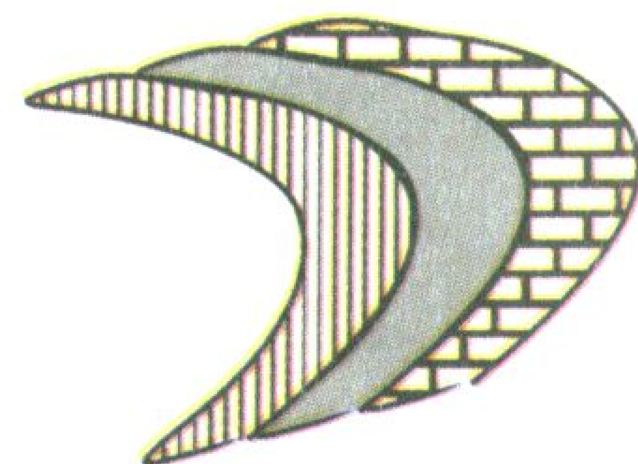




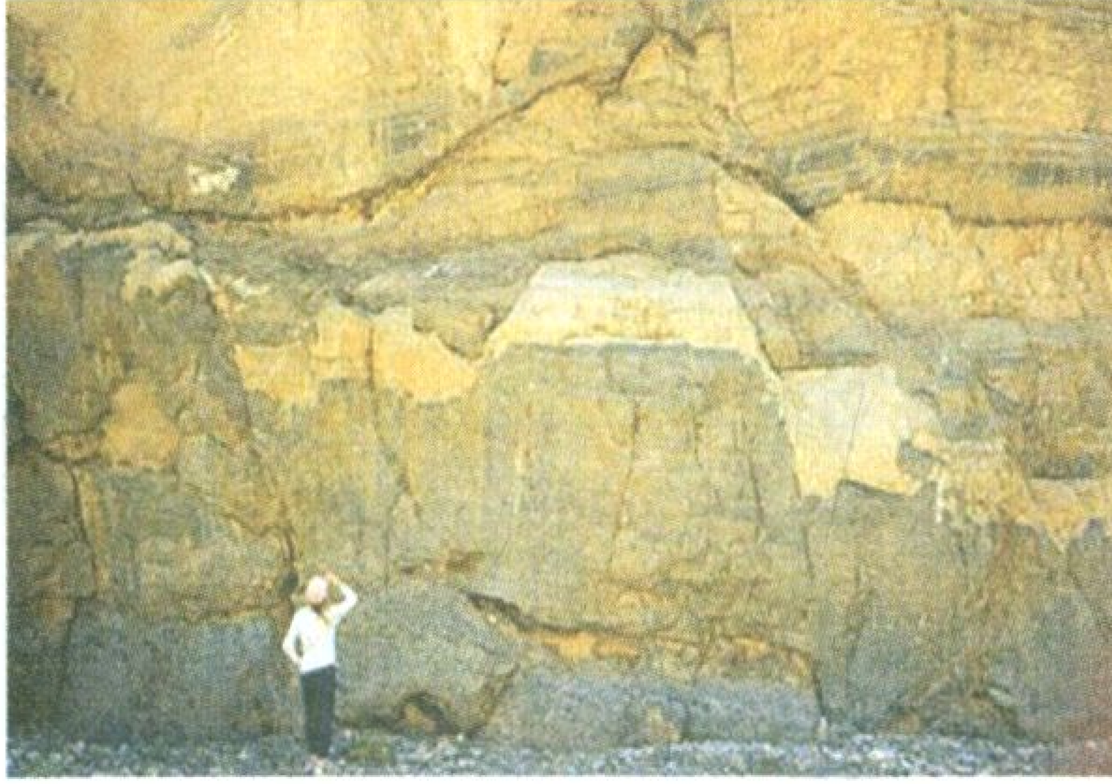








(١٢) حدد في الأشكال الآتية نوع التركيب ونوع القوى المسببة له، ووضح على الرسم الحوائط المختلفة واتجاه الحركة؟






3- Choose the correct answer from the following:

1- Which of the following types of tectonic forces tends to push two sides of a body in opposite directions so that they slide horizontally past one another?

- ☐ tensional forces
- ☐ shearing forces
- ☐ compressive forces
- ☐ none of these

2- What type of forces dominate at divergent plate margins?

- ☐ tensional forces
- ☐ shearing forces
- ☐ compressive forces
- ☐ none of these

3- What type of forces dominate at convergent plate margins?
- ☐ tensional forces
- ☐ shearing forces
- ☐ compressive forces
- ☐ none of these

4- The angle at which a sedimentary bed is inclined from the horizontal is called the_____ .
- ☐ anticline
- ☐ strike
- ☐ syncline
- ☐ dip

5- Which of the following is not a tectonic force responsible for folding or faulting?
- ☐ compressive force
- ☐ tensional force
- ☐ shear force
- ☐ all of these are tectonic forces

6- The two sides of a fold are called its ________ .
- ☐ anticlines
- ☐ synclines
- ☐ limbs
- ☐ axial planes

7- At convergent plate boundaries one would expect to find _______ .
- ☐ folds
- ☐ faults
- ☐ folds and faults
- ☐ neither folds or faults

8- At divergent plate boundaries one would expect to find _______ .
- ☐ folds
- ☐ faults
- ☐ folds and faults
- ☐ neither folds or faults

9- At transform plate boundaries one would expect to find _______ .
- ☐ folds
- ☐ faults
- ☐ folds and faults
- ☐ neither folds or faults

10- Which of the following statements about rock deformation is false?
- ☐ deep crustal rocks are more likely to deform ductily than shallow crustal rocks
- ☐ hotter rocks are more likely to deform ductily than cooler rocks
- ☐ most sedimentary rocks are more deformable than igneous rocks
- ☐ rocks under low confining pressure are more likely to deform ductily than rocks under high confining pressure

11- What types of tectonic forces cause faulting?
- ☐ compressive forces
- ☐ tensional forces
- ☐ shearing forces
- ☐ all of these

12- Which of the following is an example of a fault where the motion is primarily horizontal?
- ☐ a strike slip fault
- ☐ a right-lateral fault
- ☐ a transform fault
- ☐ all of these

13- What types of faults are associated with shearing forces?
- ☐ normal faults
- ☐ reverse faults
- ☐ strike-slip
- ☐ all of these

14- What type of fault is characterized by the rocks above the fault plane moving downward relative to the rocks below the fault plane?
- ☐ normal faults
- ☐ reverse faults
- ☐ strike-slip
- ☐ all of these

15- A broad circular or oval upward bulge of rock layers is called a _____.

- ☐ anticline
- ☐ syncline
- ☐ basin
- ☐ dome

16- What type of fault is characterized by movement both along strike and along dip?

- ☐ oblique-slip
- ☐ strike slip
- ☐ reverse
- ☐ normal

17- Strike-slip faults________ .

- ☐ have primarily horizontal movement
- ☐ have primarily vertical movement
- ☐ have no appreciable displacement
- ☐ are low angle reverse faults

18- Which two measurements describe the orientation of a fault plane at a given location?

- ☐ axis and plane
- ☐ strike and dip
- ☐ lateral and thrust
- ☐ trend and plunge

19- Dip-slip faults are associated with ________ forces .

- ☐ shearing
- ☐ tensional
- ☐ compressive
- ☐ tensional and compressive

20- What type of fault is a thrust fault?

- ☐ low-angle normal fault
- ☐ low-angle reverse fault
- ☐ high-angle reverse fault
- ☐ low-angle strike-slip fault

21- Overthrusts are caused by large-scale _______ forces .
- ☐ shearing
- ☐ tensional
- ☐ compressive
- ☐ shear combined with tensional and compressive

22- Which of the following features is formed in a region affected by tensional tectonic forces?
- ☐ an anticline
- ☐ a thrust fault
- ☐ a strike-slip fault
- ☐ a rift valley

23- The Red Sea is an example of a _________ .
- ☐ anticline
- ☐ strike-slip fault basin
- ☐ rift valley
- ☐ horst block mountain

الباب الثالث عشر

الزلازل (Earthquakes)

- مقدمة
- أنواع الزلازل وأسبابها
- مقاييس الزلازل
- دورات الهزات الأرضية
- العلاقة بين الزلازل وحركية الألواح
- كيف يمكن تحديد شدة ومركز الزلزال؟

مقدمة (Introduction)

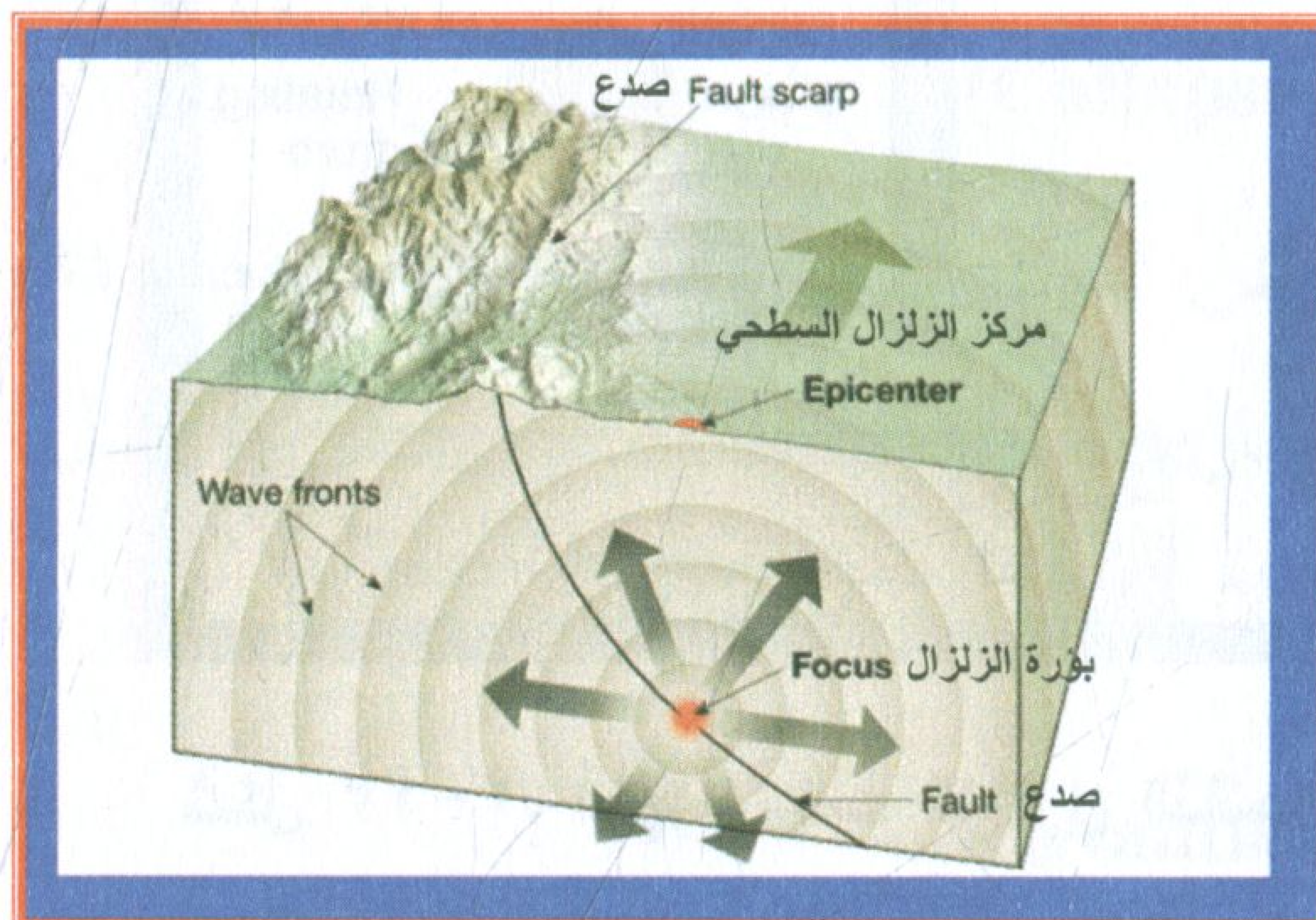
الزلزال هو رجّة أو هزّة تحدث في الأرض، نتيجة للانطلاق السريع (المفاجئ) لطاقة كامنة على هيئة موجات سيزمية من مكان معين يسمى بؤرة الزلزال. تنقسم الموجات الزلزالية إلى:

(أ) موجات أولية (Primary Wave "P")

وهي أول ما يصل من الموجات إلى أجهزة الرصد. تسمى أيضًا بالموجات التضاغطية، ومن أهم خصائصها أنها تنتشر في جميع الأوساط الصلبة، والسائلة، والغازية وأسرع من الموجات الثانوية، وتزداد سرعتها حسب كثافة الوسط التي تخترقه، وعلى مرونته، وعلى سمكه.

(ب) موجات ثانوية (Secondary Wave "S")

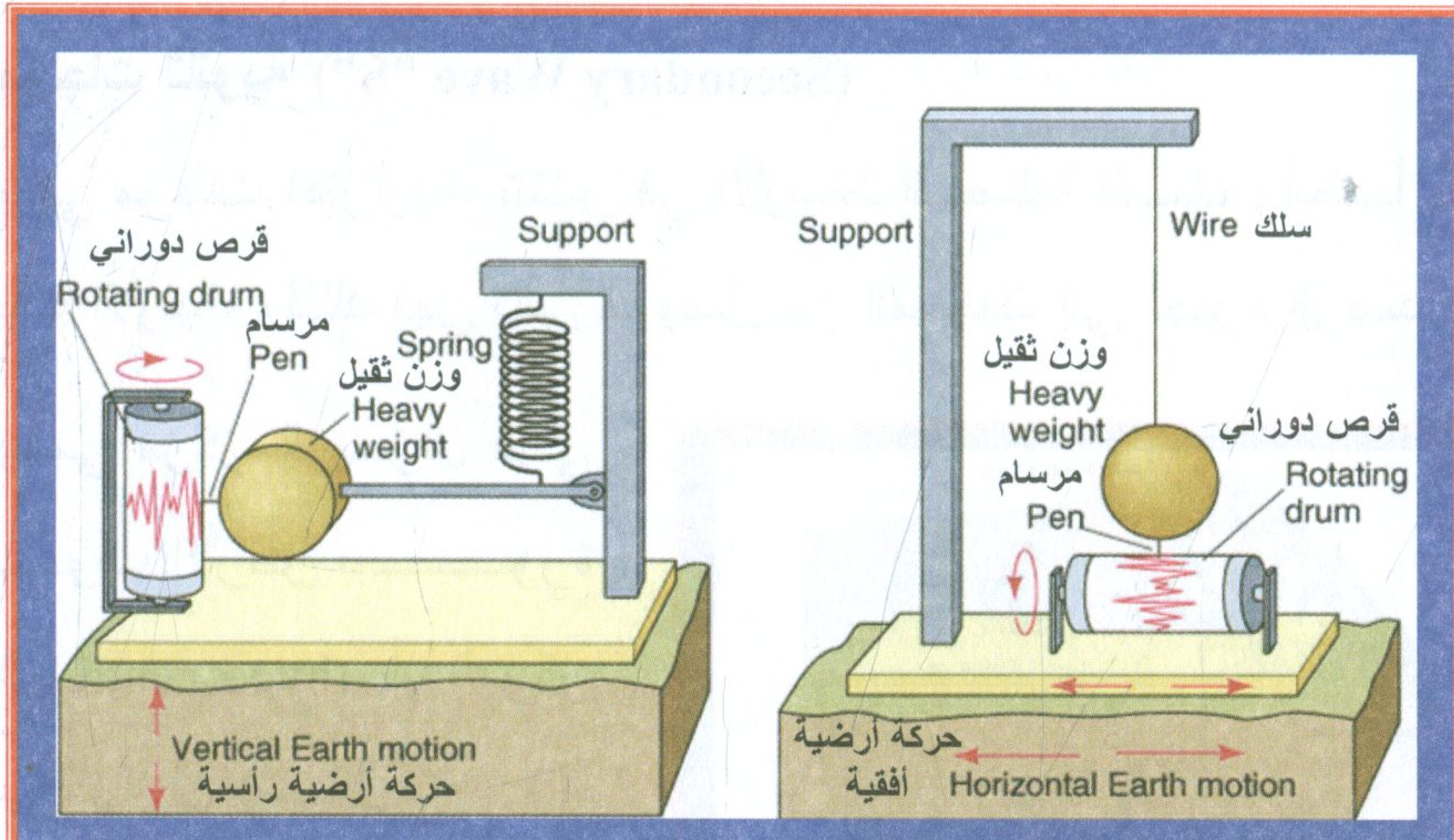
وهي موجات اهتزازية، تنتشر في الأوساط الصلبة فقط، وأبطأ من الموجات الأولية، ولذلك فهي ثاني ما يصل من الموجات إلى أجهزة الرصد.



شكل ١٣-١. بؤرة ومركز الزلزال السطحي.

يسمى مركز الزلزال في جوف الأرض ببؤرة الزلزال(hypo centre)، أو المركز الداخلي للزلزال (شكل ١٣-١)، أما المسقط العمودي لهذا المركز على سطح الأرض، فإنه يسمى

مركز الزلزال السطحي (epicentre)، حيث تشير كلمة (epi) إلى معنى خارجي. وتنتقل الطاقة المنبعثة من بؤرة الزلزال إلى جميع الاتجاهات على هيئة موجات سيزمية (زلزالية). وتنتقل بعض الموجات أسفل الأرض، وينتقل بعضها الآخر فوق سطح الأرض، وتنتقل الموجات السطحية بصورة أسرع من الموجات الداخلية. ويمكن تسجيل الموجات الصادرة عن زلزال كبير على أجهزة رصد الزلازل في المنطقة المقابلة للزلزال من الكرة الأرضية (شكل ١٣-٢)، وتصل تلك الموجات إلى سطح الأرض في غضون ٢١ دقيقة. ومعظم الأضرار التي تحدث للإنسان تنجم من الزلازل القريبة من سطح الأرض، لأنها تعتبر من أكثر الزلازل تكرارًا، أما الزلازل التي تحدث بين عمق ٦٠ كم و ٦٠٠ كم، تعتبر زلازل متوسطة من حيث تكرارها، وعمقها، والضرر الناجم عنها.



شكل ١٣-٢. أجهزة رصد الزلازل الناتجة عن حركات أرضية رأسية أو أفقية.

أنواع الزلازل وأسبابها (Types of Earthquakes and their Causes)

(١) الزلازل التكتونية (Tectonic Earthquakes)

وهي الزلازل التي تحدث في مناطق الاحتكاك والاتصال بين الصفائح المختلفة، وتمثل ٩٠٪ من مجموع الهزات الأرضية. ومثال ذلك الزلزال الذي سبّب سونامي وأودى بحياة ربع مليون نسمة، وكان نتيجة تحرك صفائح تكتونية مقابل جزيرة سومطرة بالمحيط الهادي.

(٢) الزلازل البركانية (Volcanic Earthquakes)

يرتبط حدوثها بالنشاط البركاني، حيث التخلخل الحادث من تصاعد الغازات، واندفاع المواد الصخرية المنصهرة من جوف الأرض إلى سطحها. مثال ذلك ما يصاحب ثوران براكين جزر هاواي من زلازل غاية في العنف والقوة. ومن الأمثلة الحديثة للنشاط الزلزالي المصاحب للنشاط البركاني هو ما شهدته قرى العيص غرب المدينة المنورة في عام ٢٠٠٩م، والذي تم تفسيره من قبل هيئة المساحة الجيولوجية السعودية، على أنه نتاج حشود بركانية في مناطق الحرات. بشكل عام، يصاحب النشاط البركاني هزات محلية لا تنتشر في مساحات كبيرة، كما أن كثيرا من الثورانات البركانية تصحبها هزات ضعيفة.

(٣) الزلازل الانهيارية (Collapse Earthquakes)

تنشأ هذه الزلازل من أثر انهيار بعض الفجوات أو الكهوف الموجودة ضمن القشرة الأرضية، وذلك نتيجة لذوبان الصخور الملحية أو الكلسية بفعل المياه الجوفية، غير أن هذا النوع من الزلازل قليل الحدوث للغاية.

(٤) الزلازل البحرية (Nautical Earthquakes)

وسببها ارتفاع أو انخفاض أرضية البحر.

(٥) الزلازل الاصطناعية (Artificial Earthquakes)

وهي الزلازل الناتجة عن تخريب الوضع الطبيعي للأرض، نتيجة النشاطات البشرية المختلفة، كتجارب التفجيرات النووية، أو ملئ الخزانات الكبيرة خلف السدود.

مقاييس الزلازل (Scales of Earthquakes)

تقاس الزلازل عادة بمقياسين مهمين:

(١) شدة الزلزال (Earthquake's Intensity)

وتُعرف شدة الزلزال بأنها مقياس وصفي لما يحدثه الزلزال من تأثير على الإنسان وممتلكاته، وأهم هذه المقاييس هو مقياس "ميركالي المعدل"، وهذا المقياس يشمل ١٢ درجة (جدول ١٣-١)، فمثلاً الزلزال ذو الشدة "١٢" يعتبر مدمِّرًا ويتسبَّب في اندلاع البراكين، وخروج الحمم الملتهبة من باطن الأرض.

جدول ١٣-١. مدى تأثير الهزة الأرضية على الإنسان والمنشآت.

الدرجة	التأثيرات
١	لا يشعر به الناس ولكنه يسجل على جهاز الرسم السيزمي seismograph.
٢	يشعر به سكان الأبنية العالية.
٣	يشعر به الناس داخل الأبنية، وتهتز الأبواب كمرور سيارة مسرعة ليلاً.
٤	تهتز الأبواب والشبابيك بشدة داخل الأبنية.
٥	يشعر به جميع الناس، وتتساقط الأشياء المعلقة.
٦	أضرار بسيطة، وتتحرك قطع الأثاث.
٧	تبدأ الأبنية سيئة البناء بالانهيار.
٨	يحدث فزع، وتتصدع الأبنية.
٩	يحدث رعب، ويؤدي إلى أخاديد في الأرض.
١٠	يحدث رعب، ويؤدي إلى انهيارات كبيرة في الأبنية.
١١	يحدث رعب، ويؤدي إلى أخاديد واسعة في الأرض وتحطم الأنابيب تحت الأرض.
١٢	الأشياء تتطاير في الهواء، ودمار شامل، وترى التموجات على سطح الأرض.

(٢) مقياس قوة الزلزال (Earthquake's Magnitude)

وقد وضعه العالم الأمريكي ريختر (Richter)، وعُرف باسمه، ويعتمد أساسًا على كمية طاقة الإجهاد التي تسبّب في إحداث الزلزال، وهذا مقياس علمي تحسب قيمته من الموجات الزلزالية التي تسجلها محطات الزلازل المختلفة.

ليست كل الهزات الأرضية تحدث في المناطق النشطة زلزاليًا، وقد سجل التاريخ حصول العديد من الهزات الأرضية في أماكن تصنف بمناطق مستقرة جيولوجيًا، ولعل أهم الأمثلة لذلك، الزلزال الذي أصاب منطقة العياط بمصر في أكتوبر ١٩٩٢م، والذي بلغت قوته ٦ بمقياس ريختر، وأدى إلى حدوث أضرار بالغة بمناطق عديدة بالقاهرة، وما حولها، مما يعطي مؤشرًا على ضرورة دراسة احتمالية تعرض أي منطقة في العالم للهزات الأرضية.

دورات الهزات الأرضية (Cycles of Earthquakes)

تمر الزلازل أو الهزات الأرضية بفترات مختلفة على مدار الزمن:

١- فترة هدوء(quiescence)، ويتم فيها تخزين الطاقة خلال أشهر أو سنين.

٢- النشاط الأولي (precursory activity).

٣- الهزات الابتدائية (fore shocks): تسبق الهزة الأساسية بأيام.

٤- الهزة الأساسية (main shock): تحدث خلال ثوانٍ.

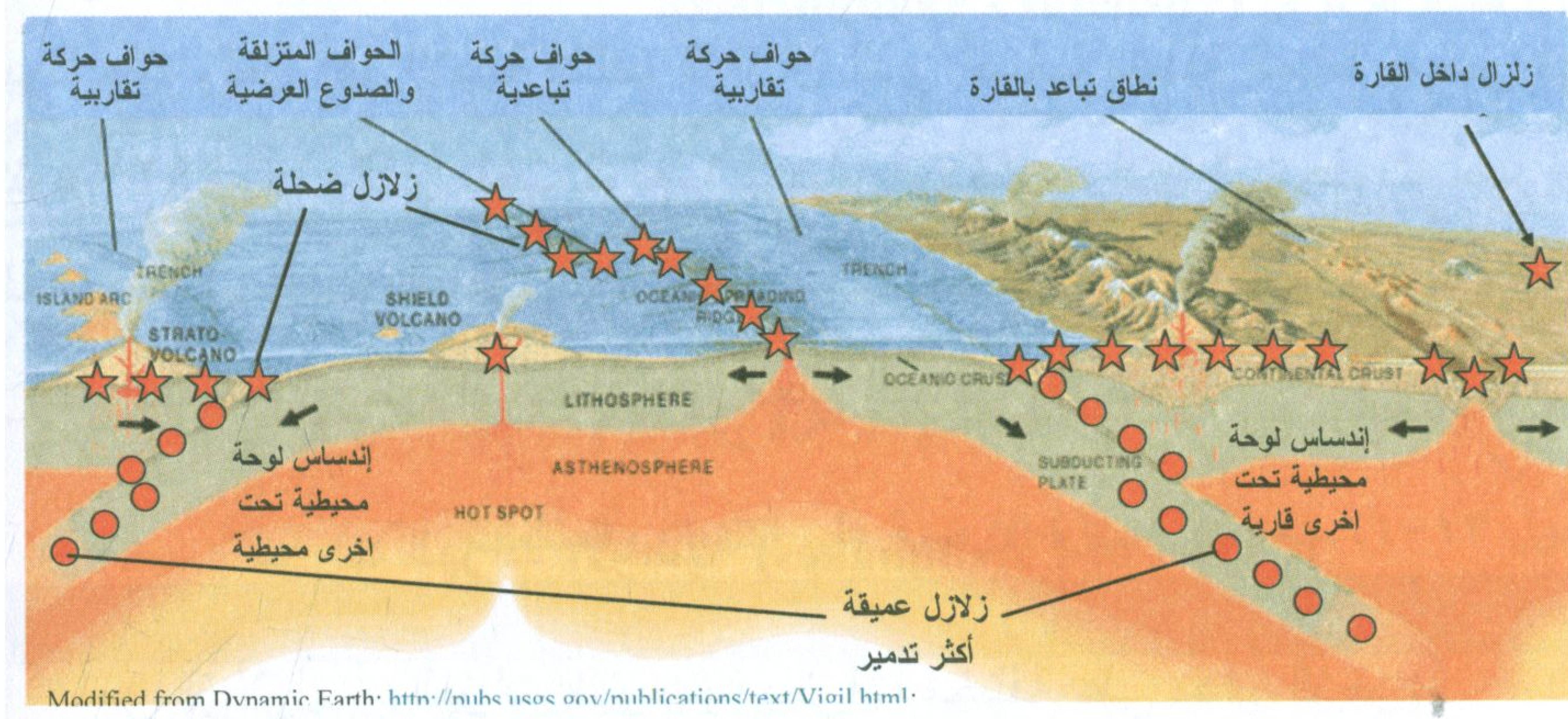
٥- الهزات اللاحقة (after shock): تحدث بعد الهزة بأيام وأسابيع.

٦- تكيف النشاط الزلزالي (adjustment activity): يمتد لسنين أو قرون.

٧- فترة هدوء جديدة (quiescence again).

العلاقة بين الزلازل وحركية الألواح
(The Relationship between Earthquakes and Plates Tectonic)

إن الصفائح المكونة للغلاف الخارجي تتميز بعدم بقائها ثابتة، بسبب طوافها فوق الطبقة اللدنة، والتي تسمى بالأستينوسفير، وتتحرك حركة نسبية فيما بينها، تقدر بحوالي ٢-١٠سم في السنة. ينتج عن ذلك تصادم، أو تباعد، أو تحرك حركات جانبية للألواح فيما بينها، مما يؤثر على القشرة الأرضية (شكل ١٣-٣)، فتتشكل الظواهر الخارجية عليها من التضاريس (مثل الجبال،



شكل ١٣-٣. علاقة حركية الألواح والزلازل الناتجة عنها.

والوديان، والأخاديد، والفوالق). نشأت على الأرض مجموعة من المناطق الضعيفة في القشرة الأرضية، والتي تعتبر مراكز النشاط الزلزالي، أو مخارج لانطلاق الطاقة الزائدة بباطن الأرض، ويطلق عليها "أحزمة الزلازل":

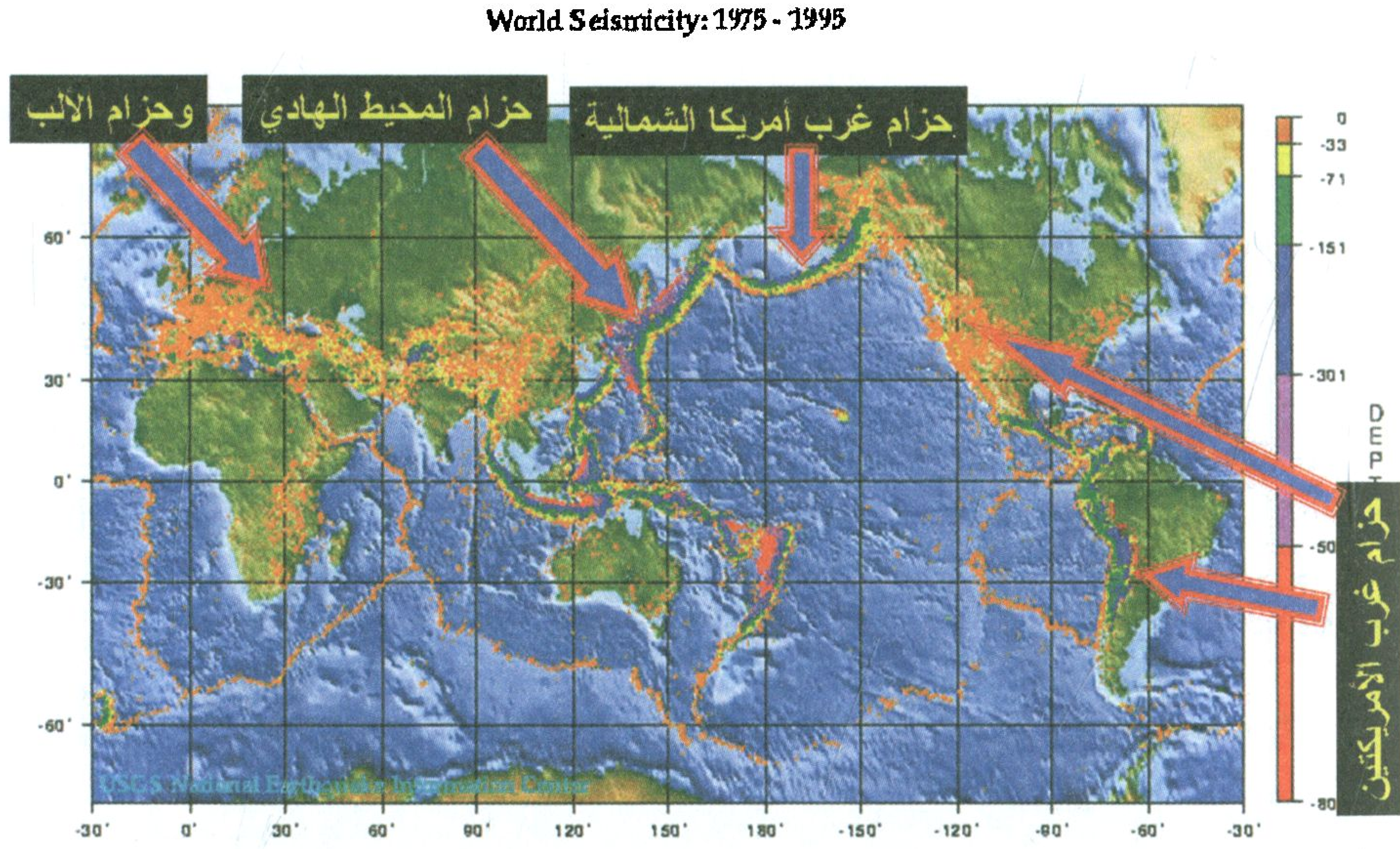
- حزام المحيط الهادي: يمتدّ من جنوب شرق آسيا بمحاذاة المحيط الهادي شمالاً (شكل ١٣-٤).
- حزام غرب أمريكا الشمالية، والذي يمتدّ بمحاذاة المحيط الهادي (شكل ١٣-٤).

● حــزام غرب الأمريكتــين، ويشمــل فنــزويلا، وشــيلي، والأرجنتــين (شكل ١٣-٤).

● حزام وسط المحيط الأطلنطي، ويشمل غرب المغرب، ويمتدّ شمالاً حتــى أسبانيا، وإيطاليا، ويوغوسلافيا سابقًا، واليونان، وشمال تركيا، ويلتقي هذا الفالق عندما يمتدّ إلى الجنوب الشرقي مع منطقة "جبال زاجروس" بين العراق وإيران، وهي منطقة بالقرب من "حزام الهيمالايا".

● حزام الألب، ويشمل منطقة جبال الألب في جنوب أوروبا (شكل ١٣-٤).

● حزام شمال الصين، والذي يمتدّ بعرض شمال الصين من الــشرق إلــى الغرب، ويلتقي مع صدع منطقة القوقاز، وغربًا مع صدع المحيط الهادي.



شكل ١٣-٤. مواقع أحزمة الزلازل.

عن: USGS National Earthquake Information Center

● وهناك حزام آخر يعتبر من أضعف أحزمة الزلازل، ويمتدّ مــن جنــوب صدع الأناضول، على امتداد البحر الميت جنوبًا حتى خليج الــسويس، جنــوب

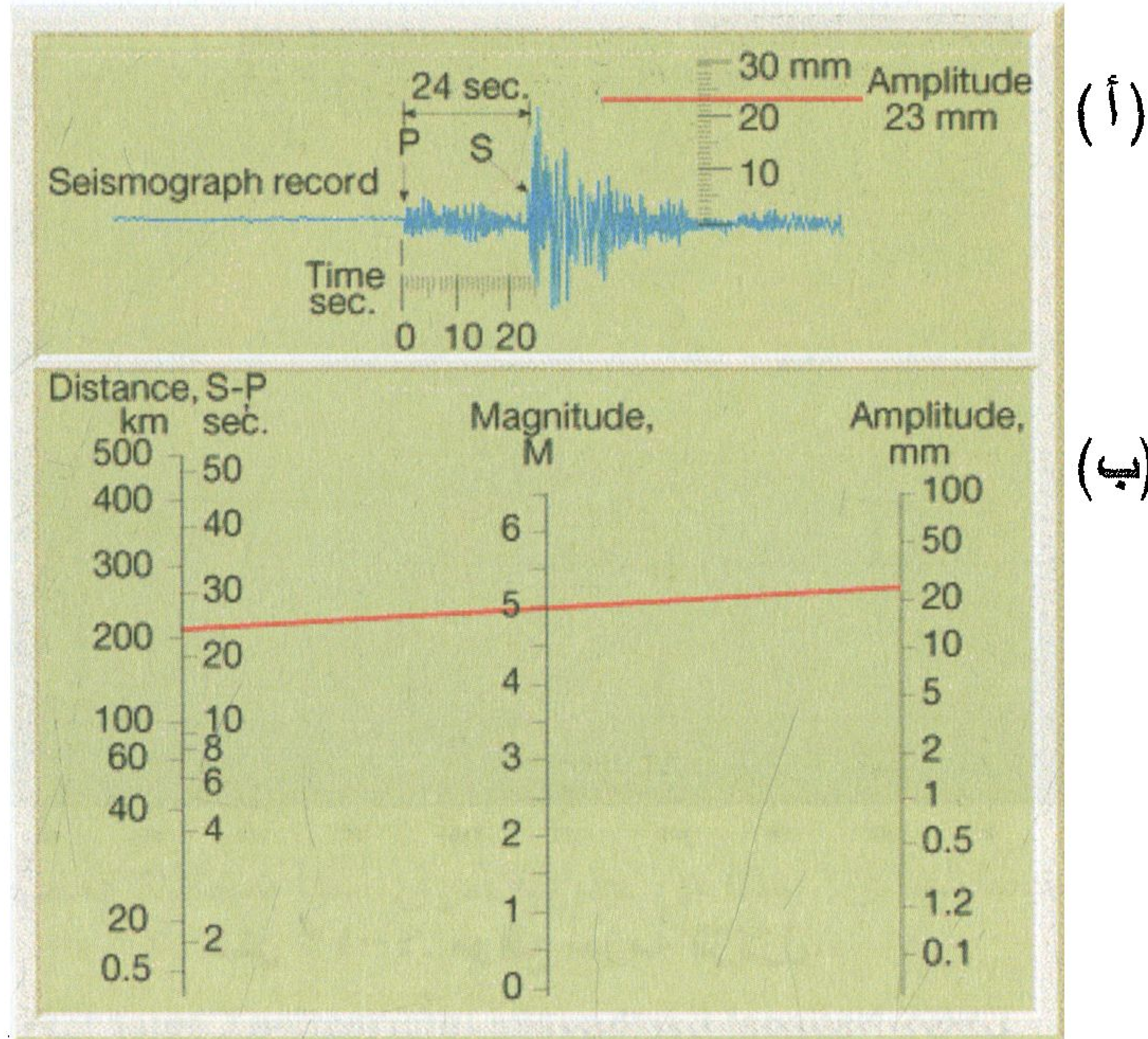
سيناء، ثم وسط البحر الأحمر، فالفالق الأفريقي العظيم، ويؤثر على مناطق اليمن، وأثيوبيا، ومنطقة الأخدود الأفريقي العظيم.

كيف يمكن تحديد شدة ومركز الزلزال؟
(How Can We Measure Earthquake's Intensity and Centre)

أولاً: تحديد شدة الزلزال، والمسافة التي يبعدها مركز الزلزال

١- حدد المسافة بين الموجة الأولية الأولى (P-wave) والموجة الثانوية الأولى. في هذا المثال تساوي هذه المسافة ٢٤ ثانية (شكل ١٣-٥أ).

٢- في الشكل (١٣-٥ ب)، وقع النقطة التي تمثل ٢٤ ثانية على الجزء الأيسر من الرسم، حسب هذا الشكل، يبعد مركز الزلزال حوالي٢١٥ كيلومترًا.



شكل ١٣-٥. (أ) مثال لرسم سيزمي تم تسجيله بمحطة ما للزلازل، (ب) رسم بياني لتحديد بعد الزلزال وشدته بناءً على البيانات التي حصلنا عليها من الشكل (أ).

٣- حدد ارتفاع أشد موجة على الرسم السيزمي (amplitude) بالشكل (١٣-٥أ). حسب المثال المذكور، فإن ارتفاع أشد موجة يساوي ٢٣ ميليمتر.

٤- على الجانب الأيمن من الشكل (١٣-٥ب)، حدد مكان الـ ٢٣مم وضع علامة.

٥- وصل بين العلامتين على جانبي الرسم، يتقاطع الخط الناتج مع الخط الوسط بالرسم البياني مشيرًا إلى أن شدة الزلزال تقدر بخمس درجات حسب مقياس ريختر.

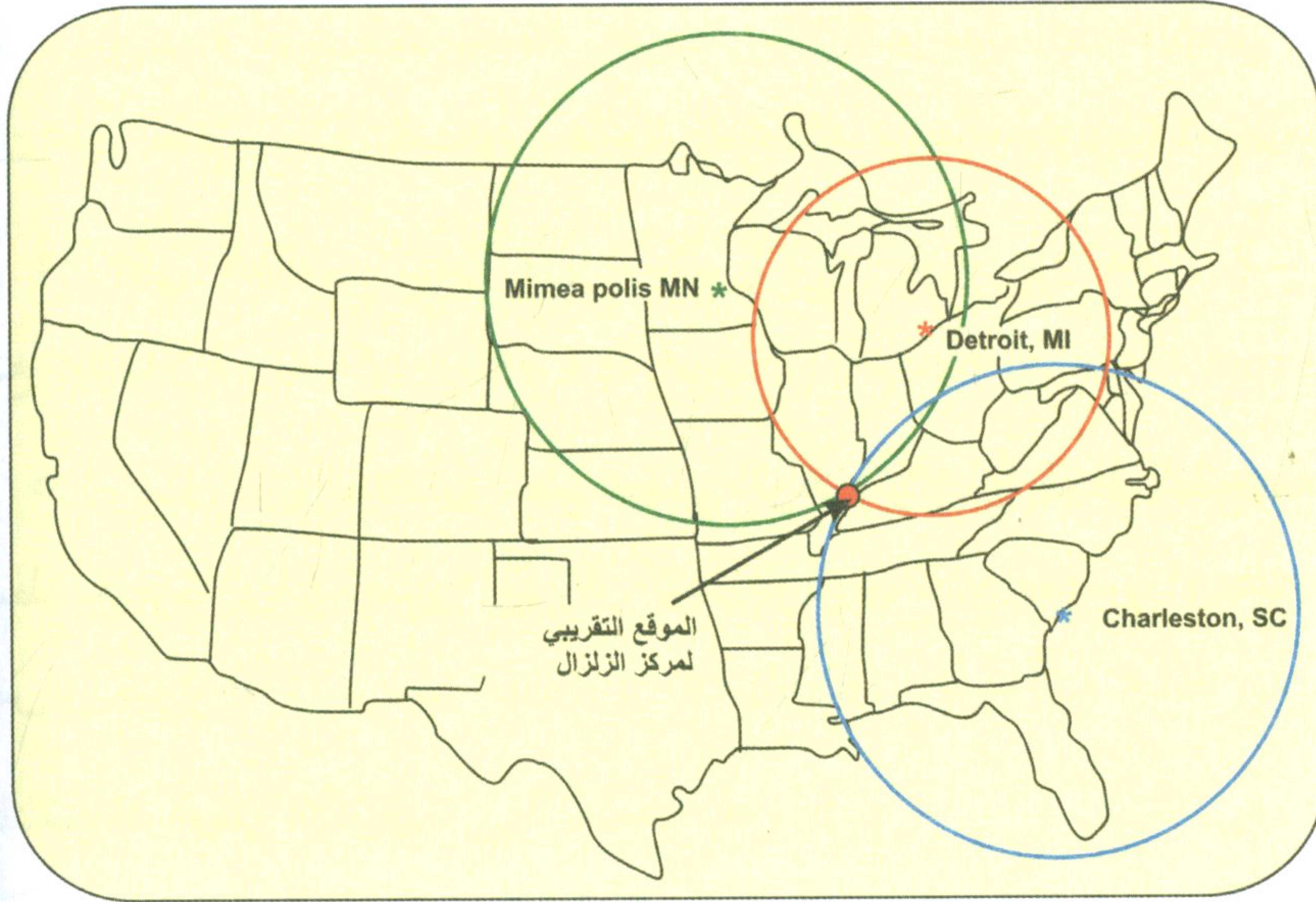
ثانيًا: تحديد مركز الزلزال

١- حدد المسافة التي يبعدها الزلزال على الخريطة حسب مقياس رسمها (نفرض أن ١سم =١٠٠ كم)، ففي هذا المثال، ذكرنا أن الزلزال يبعد عن محطة الرصد بقيمة قدرها ٢١٥ كم، أي يمكن تمثيل هذه المسافة بمقدار ٢,١٥ سم على الخريطة (شكل ١٣-٦).

٢- ارسم دائرة نصف قطرها ٢.١٥ سم على الخريطة. يمثل مركز الدائرة مكان تسجيل الرسم السيزمي (seismograph)، بينما يقع مركز الزلزال في مكان ما على حافة تلك الدائرة.

٣- كرر نفس الشئ لرسومات زلزالية أخرى تم رصدها، وبذلك يكون هناك عدة دوائر تمثل مراكزها مواقع تسجيل تلك الرسومات السيزمية.

٤- تتطابق هذه الدوائر مع بعضها في نقطة، تمثل هذه النقطة مركز الزلزال تقريبًا.



شكل ١٣-٦. خريطة العالم موضح عليها أمثلة لمحطات رصد الزلازل ببعض المدن، وكيفية تمثيل بيانات الزلازل من حيث بعدها عن المحطة، وشدة الزلزال في تحديد مركز الزلزال.

أسئلة وتدريبات

١- عرف كل من الآتي:

١) الزلازل:

٢) مقياس "ميركالي المعدل":

٣) مقياس ريختر:

٤) الهزات الأرضية الابتدائية:

٥) الهزات اللاحقة:

٦) أحزمة الزلازل:

٢- أجب على الأسئلة الآتية:

١- ما الفرق بين بؤرة الزلزال ومركز الزلزال؟

٢- اذكر ثلاثة أنواع من الزلازل واكتب باختصار عن أسبابها؟

٣- هل يمكن التنبؤ بحدوث الزلزال؟ واذكر مثال لنجاح عملية التنبؤ بالزلازل؟

٤- اذكر ثلاثة ظواهر تسبق الهزة الأرضية (النذير الزلزالي) ؟

٥- كيف فسر العلماء أسباب تحسس الحيوانات بالزلازل قبل حدوثها ؟

٦- ما المقصود بدورة الهزات الأرضية ؟

٧- ما هي العلاقة بين الزلازل وحركية الألواح ؟

٨- اكتب باختصار عن مدى المخاطر الزلزالية في منطقة الحجاز أو السعودية ؟

٩- ناقش مع الرسم كيفية تحديد شدة ومركز الزلزال؟

3- Choose the correct answer from the following:

1. Which seismic waves travel the fastest?
   a- P-waves
   b- S-waves
   c- Surface waves
   d- Sonic waves

2. The location at the surface directly above the source of an earthquake is called the __________.
   a- epicenter
   b- seismic center
   c- focus
   d- fault

3. Which one of the following is NOT a type of seismic wave?
   a- Primary wave
   b- Secondary wave
   c- surface wave
   d- tertiary wave

4. There is a close association between the distribution of earthquakes and __________.
   a- Island arcs
   b- Plate boundaries
   c- Structures
   d- Greenland

5. The source of an earthquake is called the __________.
   a- epicenter
   b- seismic center
   c- focus
   d- fault

6. Of the two types of body waves, the S wave travels fastest.
   True False
7. Which map correctly shows how the location of the epicenter was determined?



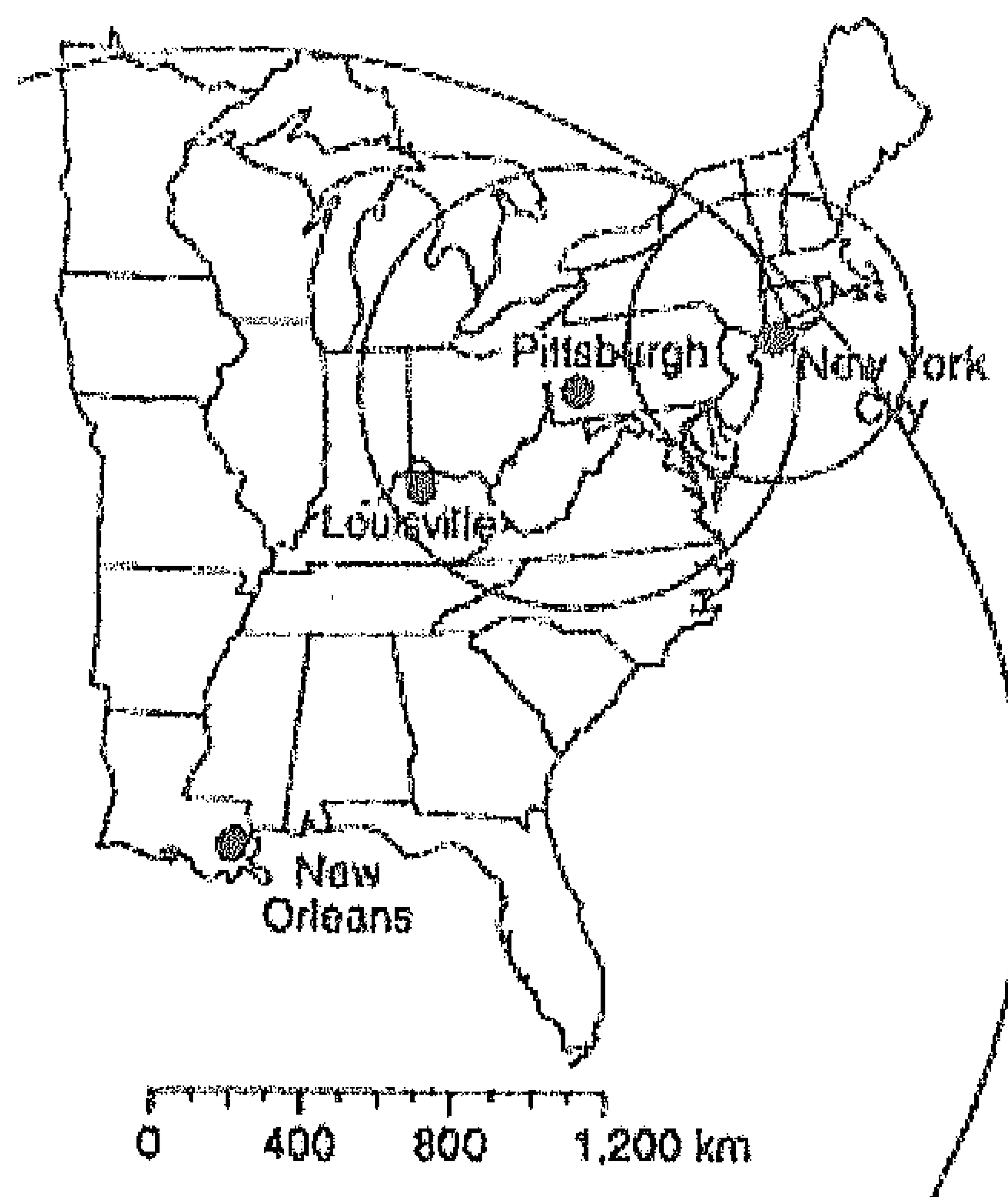
1.



3.



2.



4.

8. What type of plate boundary do shallow-focus earthquakes occur?
   1) convergent
   2) divergent
   3) transform
   4) all of these

9. Which of the following are not associated with convergent plate margins?
   1) deep-focus earthquakes
   2) rift valleys
   3) island arcs
   4) deep-sea trenches

الباب الرابع عشر

بناء الجبال (التجبّل) (Mountain Building)

- مقدمة
- أنماط الجبال
- علاقة تكون الجبال بحركية الألواح
- توزيع الأحزمة الجبلية

مقدمة (Introduction)

يحاول العديد من العلماء، منذ قرونٍ من الزمن، فهم ظواهر سطح الأرض، والإجابة على العديد من الأسئلة، ومنها: كيف، ولماذا تشكلت سلاسل الجبال العظمى، مثل جبال الألب، والهيمالايا بارتفاعاتها الشاهقة؟ لماذا يتكرر حدوث الزلازل والبراكين في مناطق محددة من العالم؟ لماذا سطح الأرض عديم الاستقرار؟ كيف أخذت القارات والمحيطات مواقعها وأشكالها الحالية؟ ومع تزايد الاكتشافات، وتقدم العلم، استطاع العلماء الإجابة على بعض من هذه التساؤلات، ومازال البعض غامضًا حتى الآن.

تعريف الجبل

يعرف الجبل بأنه كتلة من الأرض ترتفع بارزة فوق ما يحيطها من اليابسة بشكل واضح، وتحيط بها حواف شديدة الانحدار. ويطلق مصطلح الجبل عادة على الارتفاعات التي تزيد عن ستمائة متر فوق مستوى سطح البحر، وإن كان هذا الارتفاع ليس محددًا، لأنه أمر نسبي يعتمد على تضاريس الأرض المحيطة، ففي منطقة سهلة التضاريس قد يكون نصف هذا الارتفاع مناسبا لوصفه بالجبل، وتوجد الجبال عادة متصلة في أطواف، أو منظومات، أو سلاسل جبلية طويلة، ولكنها قد تكون أحيانا على هيئة مرتفعات فردية معزولة.

أنماط الجبال (Mountains Styles)

تقسم الجبال بناءً على خصائصها الظاهرة إلى:

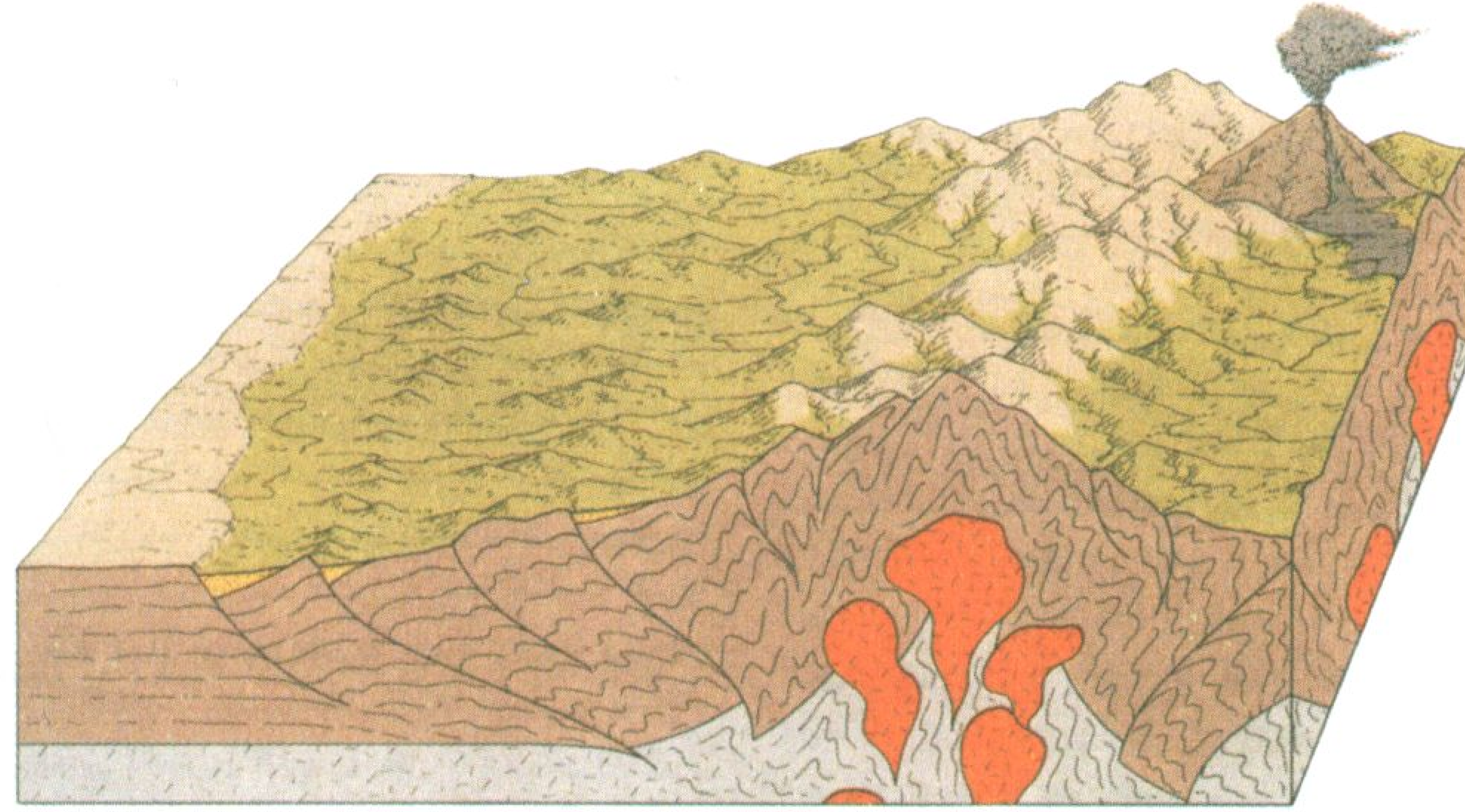
(١) الجبال المطوية، أو الجبال المركبة

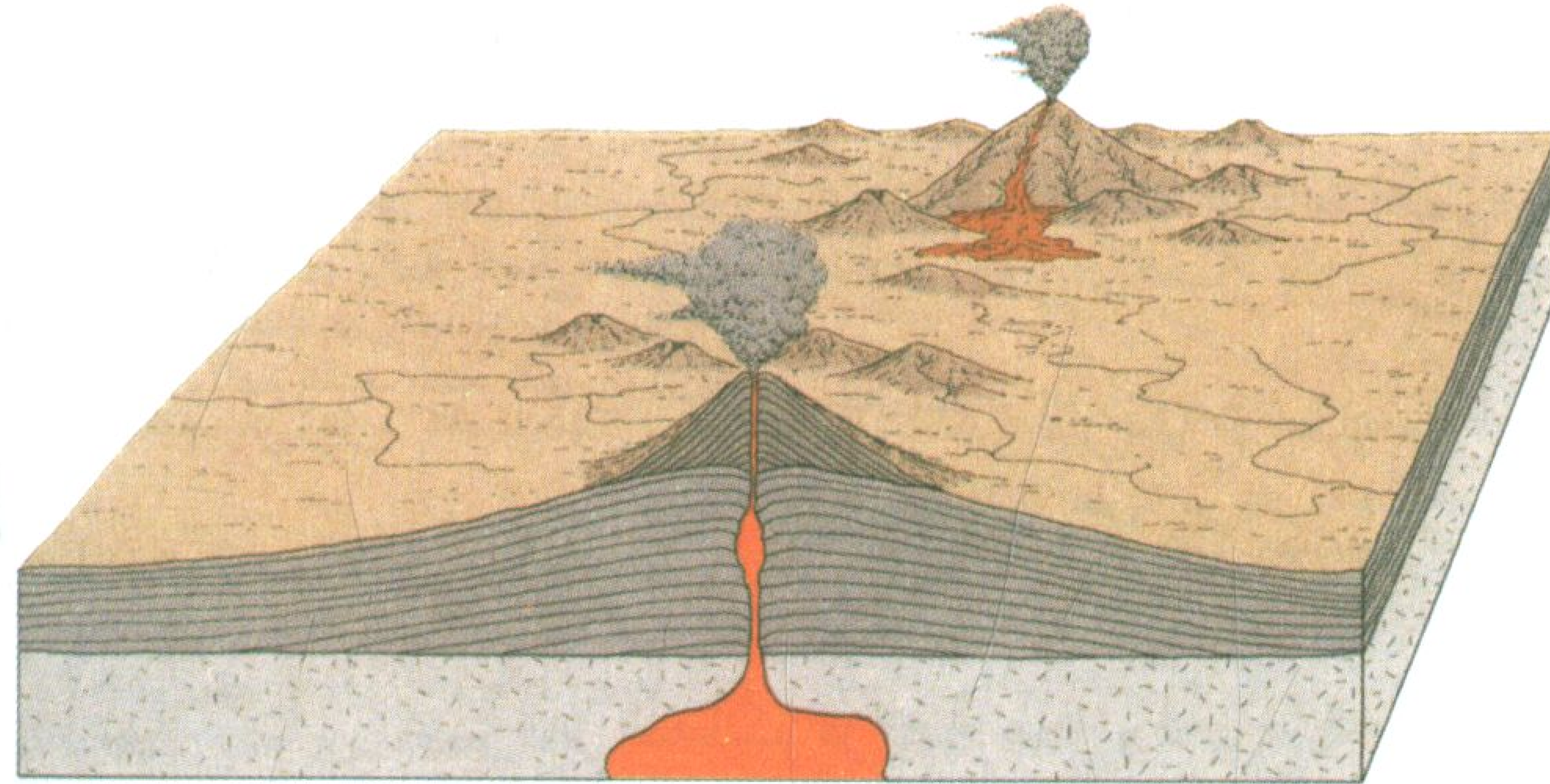
(Folded or Composite Mountains)

تتميز بأنها أكبر وأكثر الأنواع تعقيدًا، تتميز بالطي والتصدع والنشاط البركاني (شكل ١٤-١أ). مثال: جبال الألب، والهيمالايا، والأبالاش.

(٢) الجبال البركانية (Volcanic Mountains)

وهي جبال تنتج عن عملية رفع مصاحبة للنشاط البركاني (شكل ١٤-١ب).





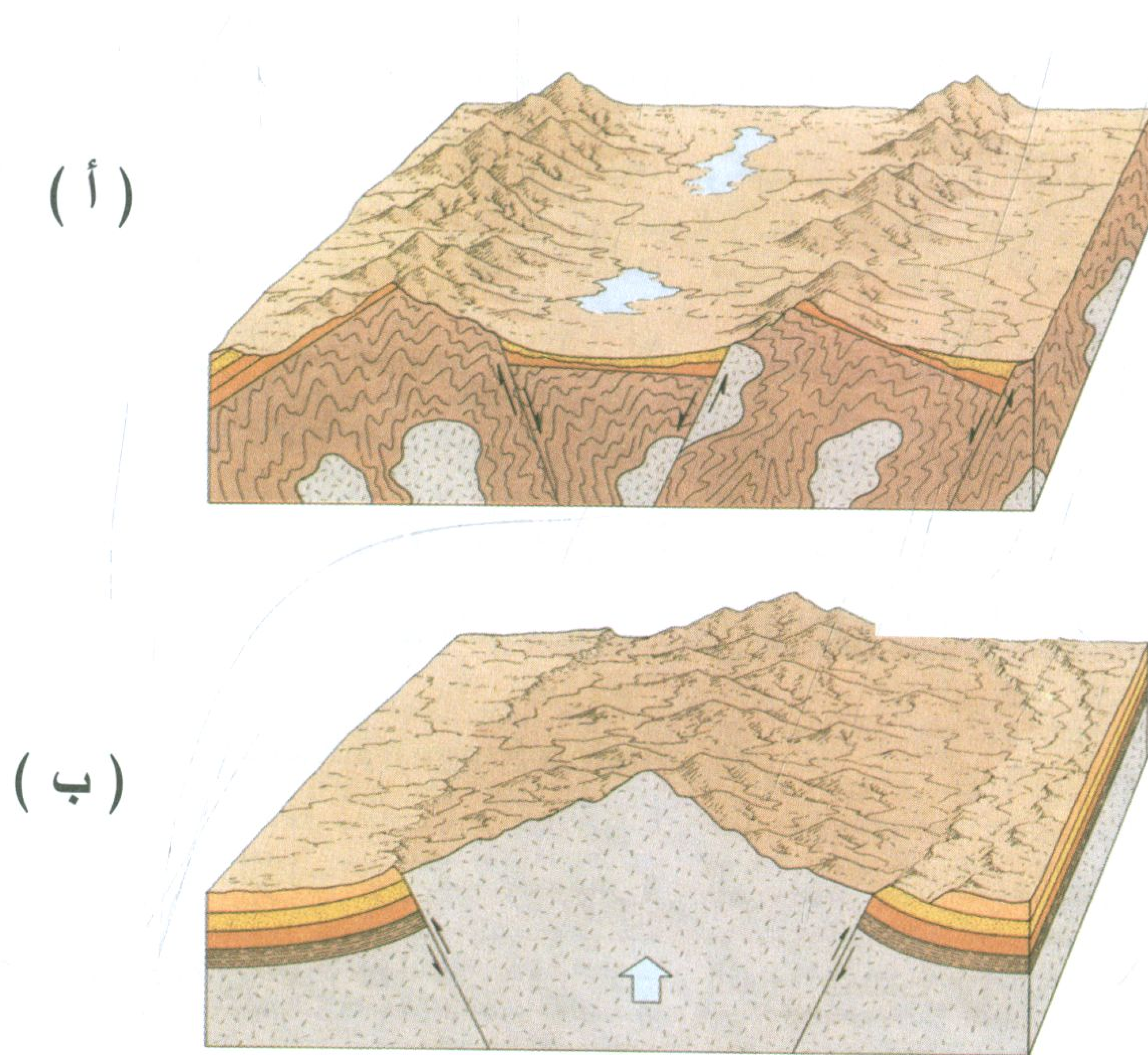
شكل ١٤-١. (أ) الجبال المطوية، (ب) الجبال البركانية (عن تاربوك ٢٠٠٢م).

(٣) جبال قوالب الصدوع أو الجبال الصدعية (Fault Block Mountains)

هي جبال يحدها صدوع عادية، ناتجة عن قوى شد (شكل ١٤-٢أ). مثل قوالب الصدوع التي ترتفع على الجوانب المنخسفة من وديان التصدع بشرق أفريقيا.

(٤) الجبال المنبثقة (Upwarped Mountains)

تتكون من صخور تحتية قديمة، سبق وأن سوتها التعرية ثم اكتست فيما بعد بالصخور الرسوبية، ثم رفعت لتآكل التعرية هذا الغطاء الرسوبي، تاركة اللب من الصخور النارية والمتحولة مرتفعة فوق المناطق المحيطة بها (شكل ١٤-٢ب).



شكل ١٤-٢. (أ) جبال قوالب الصدوع، (ب) الجبال المنبثقة (عن تاربوك ٢٠٠٢م).

علاقة تكون الجبال بحركية الألواح
(The Relationships between Mountains Building and Plates Tectonic)

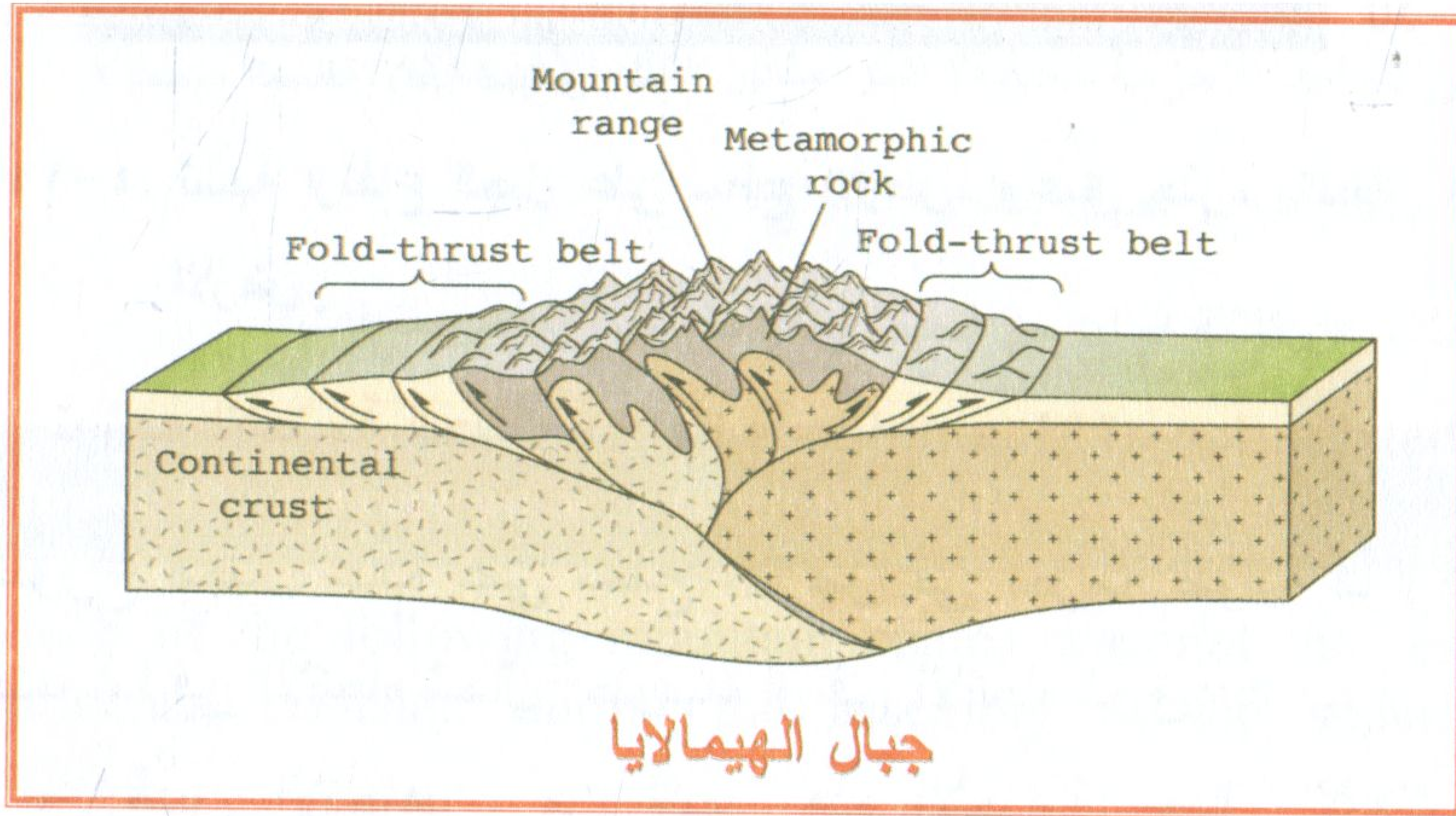
(أ) أثناء مرحلة الاندساس (Subduction Stage)

ترتبط الأحزمة الجبلية بتحرك ألواح الغلاف الصخري للأرض، وبخطوط التصادم بين تلك الألواح، خاصة عندما يندس اللوح الصخري المكون لقاع المحيط (oceanic plate)، تحت اللوح الصخري الحامل للقارة المقابلة (continental plate)، فتتغضن وتتجعد الرسوبيات المتجمعة في الحوض العميق، الناتج عن تحرك قاع المحيط تحت اللوح الصخري الحامل للقارة، وتكشط بالتدريج، لتضاف إلى حواف تلك القارة، كما تضاف إليها كل الصخور النارية والمتحولة الناتجة عن الانصهار الجزئي للوح الصخري الهابط تحت القارة، وعن إزاحة كتل من الصهارة من نطاق الضعف الأرضي، عند هبوط قاع المحيط فيه، وتشمل طفوحًا بركانية، وهيئات كثيرة للمتداخلات النارية وللصخور المتحولة. ومن هذا الخليط من الصخور الرسوبية، والنارية، والمتحولة تتكون الأطواف، والمنظومات والسلاسل الجبلية على هيئة أجزاء سميكة جدًا من الغلاف الصخري للأرض، تنتصب شامخة فوق مستوى سطح البحر، وتمتد بأضعاف ارتفاعها إلى داخل الأرض لتطفو في نطاق الضعف الأرضي (وهو نطاق لدن شبه منصهر وعالي الكثافة واللزوجة).

(ب) أثناء مرحلة التصادم (Collision Stage)

تصل حركة ألواح الغلاف الصخري إلى نهايتها، عندما يتحرك أحد هذه الألواح الحامل لقارة من القارات، في اتجاه اللوح الصخري الحامل لقارة مقابلة، دافعًا أمامه قاع المحيط الفاصل بين القارتين، حتى يدفنه بالكامل تحت القارة المقابلة. بعد سحب كل الرسوبيات المتجمعة فوق هذا القاع، وتكديسها مع ما

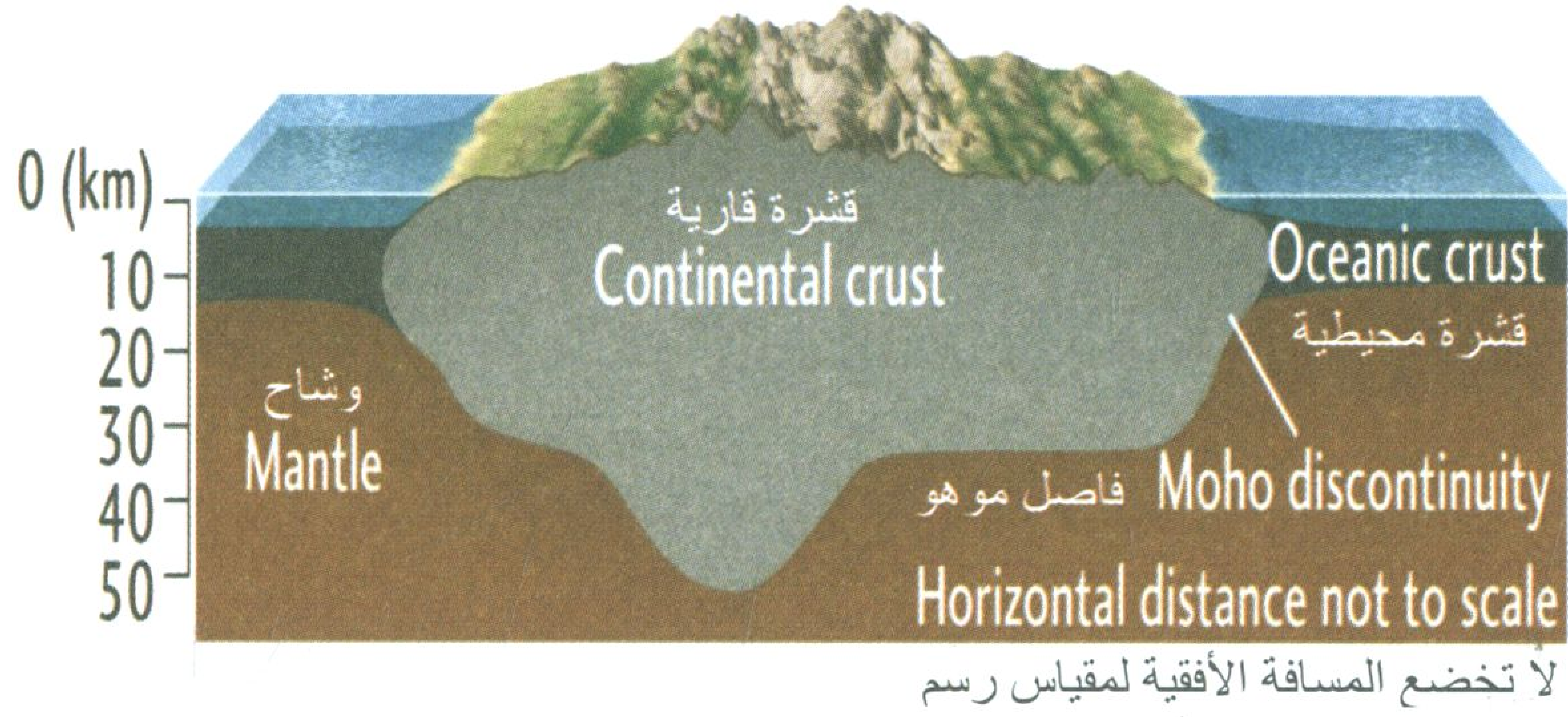
يصاحبها من صخور نارية ومتحولة فوق حافة القارة الراكبة، تصطدم القارتان اصطدامًا عنيفًا يؤدي إلى تكون أعلى السلاسل الجبلية، مثل جبال الهيمالايا (شكل ١٤-٣). وتتكون الجبال من خليط من الصخور الرسوبية، والنارية، والمتحولة شديدة الطي والتصدع.



شكل ١٤-٣. جبال الهيمالايا الناتجة عن تصادم قارتين.

(ج) مرحلة الرسوخ والاستقرار (Stability Stage)

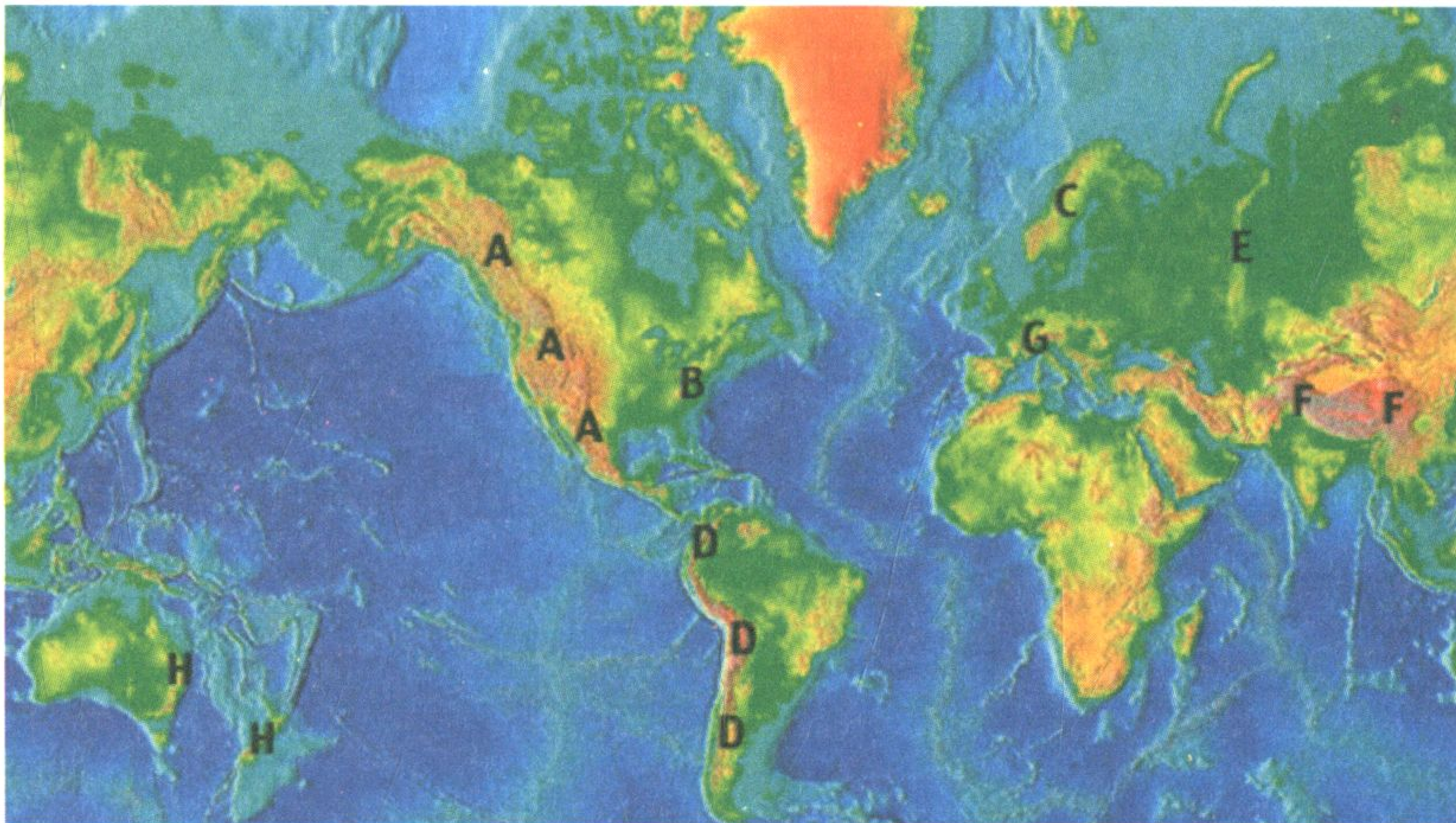
يؤدي اصطدام القارتين، إلى تقليل حركة الألواح الصخرية الحاملة لهما، حتى توقفها، وبذلك تصبح الحياة على سطحي القارتين المرتطمتين أكثر استقرارًا. وكلما برت عوامل التجوية، والتحات، والتعرية قمة الجبل دفعته قوانين الطفو إلى أعلى، حتى يتم خروج جذور (أوتاد) الجبل من نطاق الضعف الأرضي بالكامل، وحينئذ يتوقف الجبل عن الارتفاع وتستمر العوامل الخارجية في بريه، حتى يصل سمكه إلى متوسط سمك لوح الغلاف الصخري الذي يحمله، فيضم إلى باقي صخور القارة الموجود فيها على هيئة راسخ من رواسخ الأرض (شكل ١٤-٤).



شكل ١٤-٤. نسبة ارتفاع الجبل على سطح الأرض، وعمق جذره بالنطاق اللدن داخل الأرض.

توزيع الأحزمة الجبلية (Distribution of Mountainous Belts)

تتوزع الجبال عادة على سطح الأرض في أحزمة طولية موازية لحواف القارات، إما في الاتجاه شمال-جنوب، أو في الاتجاه شرق-غرب أو بانحرافات قليلة عن هذين الاتجاهين. من أشهر هذه الأحزمة: جبال الأبلاش، وجبال الأنديز، وجبال الأورال، وجبال الهيمالايا وجبال الألب (شكل ١٤-٥).



(A) N. American Cordillera جبال الكولدليرا بأمريكا الشمالية
(B) Appalachians جبال الأبالاش
(C) Caledonian Belt الحزام الكاليدوني
(D) Andes جبال الأنديز
(E) Urals جبال الأورال
(F) Himalaya جبال الهيمالايا
(G) Alps جبال الألب
(H)Tasman Belt حزام تاسمان

شكل ١٤-٥. توزيع الأحزمة الجبلية على سطح الأرض.

أسئلة وتدريبات

١- أجب عن الأسئلة التالية:

١) ناقش دور الجبال في عملية الاتزان الأرضي؟

٢) أين تتواجد الأحزمة الجبلية؟ اذكر مثالين لتلك الأحزمة؟

٣) ما علاقة تكون الجبال بنظرية الألواح؟

٤) اكتب عن ثلاثة أنواع من الجبال وأهم ما تتميز بها من صفات؟

2- Choose the correct answer from the following:

1- Which of the following mountain chains was not the result of a continental collision during the assembly of the supercontinent Pangaea?

- O Applachians
- O Caledonides
- O Himalayas
- O Urals

2- What is the general term for periods of mountain-building that include folding, faulting, magmatism and metamorphism?

- O Rejuvenation
- O Convergence
- O Orogeny
- O sedimentation

3- What is the name of the mountain chain that runs along the western margin of South America?

- O Applachians
- O Andes
- O Himalayas
- O Cordillera

4- Large areas consisting of very old, exposed crystalline basement rocks are called __________.

- O orogenies
- O cordillera
- O basins
- O shields

5- Which of the following mountain belts formed as a result of a collision between two continents?

- O Applachians
- O Himalayas
- O Urals
- O all of these

6- Which of the following mountain belts is a mirror image of the Appalachians?

- O Alps
- O Himalayas
- O Urals
- O Mauritanides

7- Which of the following regions contains numerous fault-block mountain ranges?

- O Applachians
- O Basin and Range
- O Canadian Shield
- O Great Plains

8- Which of the following did not form as a result of the collision between Asia and India?

- O the Himalayas
- O the Tiebetan Plateau
- O the Altyn Tagh strike-slip fault
- O the Ural Mountains

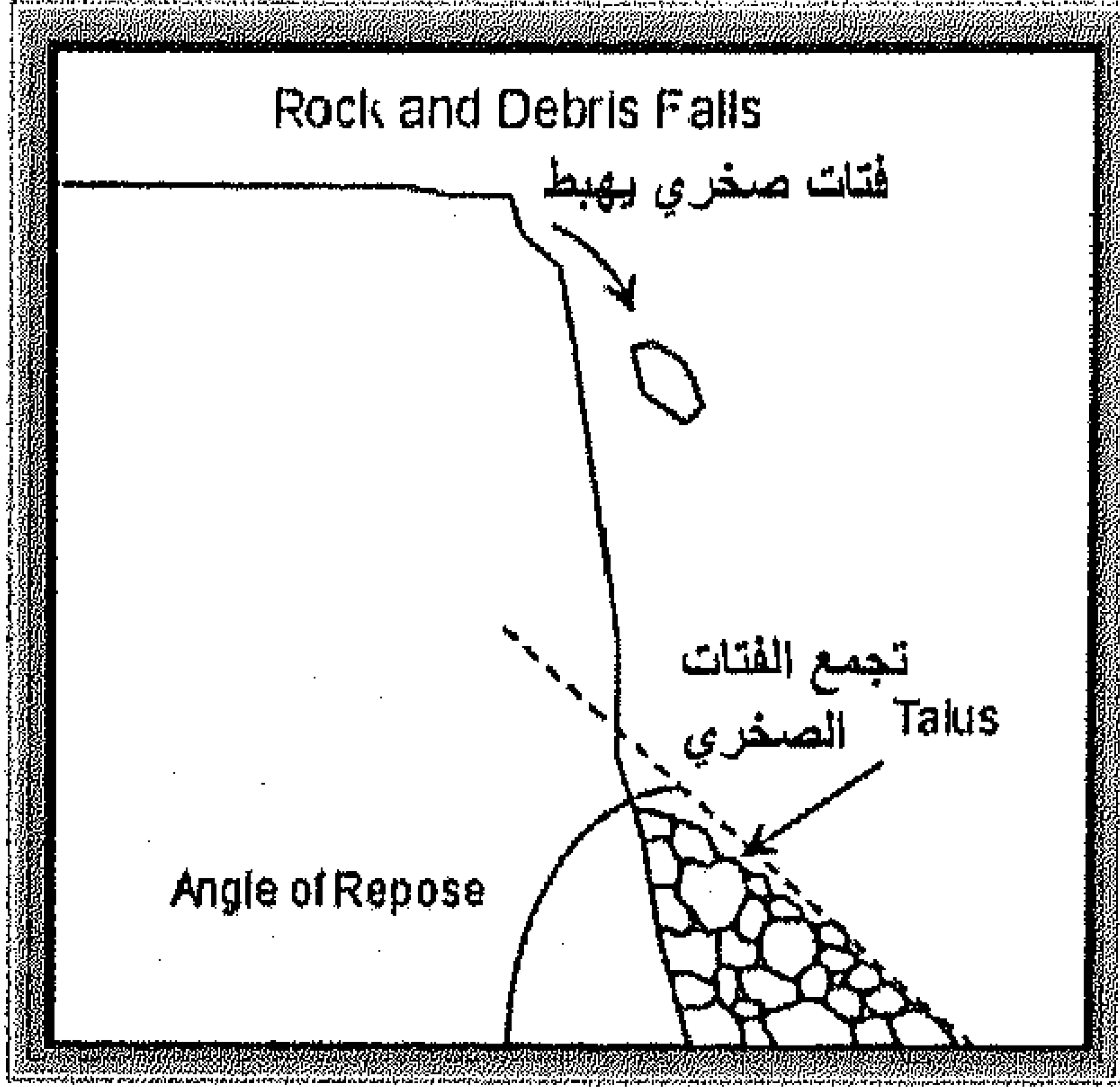
الباب الخامس عشر

تبدد الكتل (Mass Wasting)

- مقدمة
- وسائل تبدد الكتل

مقدمة (Introduction)

تبدد الكتل هو انتقال المواد الصخرية الناتجة عن عمليات التجوية المختلفة، إلى أسفل المنحدرات الصخرية، تحت تأثير الجاذبية الأرضية، بدون تدخل عامل تحرك خارجي (شكل ١٥-١).



شكل ١٥-١. هبوط الفتات الصخري إلى أسفل بفعل الجاذبية.

تعتبر الجاذبية (gravity) هي القوة الفعالة، والماء هو أحد هذه العوامل، فعندما تمتلئ فراغات الصخور بالماء يقل تماسكها مما يسهل انزلاقها.

وسائل تبدد الكتل (Means of Mass Wasting)

يتم التصنيف بناءً على نوع المواد المتحركة، ونوعية الحركة، وسرعة الحركة.

١- نوعية المواد المتحركة (Type of Moved Material)

يعتمد التقسيم على ما إذا كانت المكونات متماسكة، أو غير متماسكة. إذا كانت غالبية المواد من التربة والهشيم غير المتماسك، فيطلق عليها كلمات الحطام، أو الوحل، أو التراب. أما إذا كانت الكتلة جزءًا من طبقات صخرية متماسكة، فنستعمل كلمة الصخر في وصف مكوناتها.

٢- نوعية الحركة (Type of Movement)

تقسم الحركة حسب نوعيتها إلى:

(أ) السقوط (Fall)

١- تميز عمليات السقوط المنحدرات شديدة الميل.

٢- تبدأ كثير من حركات السقوط نتيجة لعمليات التجمد، والذوبان، وبفعل جذور النباتات، مما يعمل على تفتيت الصخر.

٣- يسقط الصخر مباشرة إلى قاع المنحدر في حركة واحدة (شكل ١٥-١)، وقد يحدث أن تواجه الكتلة المتدحرجة ما يعوق حركتها على المنحدر، مثل بعض القطع الصخرية الصغيرة المتناثرة، أو بعض النتوءات في سطح المنحدر، فتستقر مؤقتا في مكان ما على هذا المنحدر حتى يزول ما يعوق حركتها فتكمل رحلتها إلى قدم المنحدر.

(ب) الانزلاق (Slide)

١- هي حركة تبقى فيها مكونات الكتلة المتبددة ملاصقة للسطح أثناء حركتها.

٢- قد يكون سطح الانزلاق وجهًا فاصلاً لصدع، أو كسر، أو مستوى طبقي.

٣- تعمل الأمطار الشديدة، والهزات الأرضية على تنشيط هذه العملية.

(ج) التدفق (Flow)

١- يحدث عند حركة المواد أسفل المنحدرات كسائل لزج.

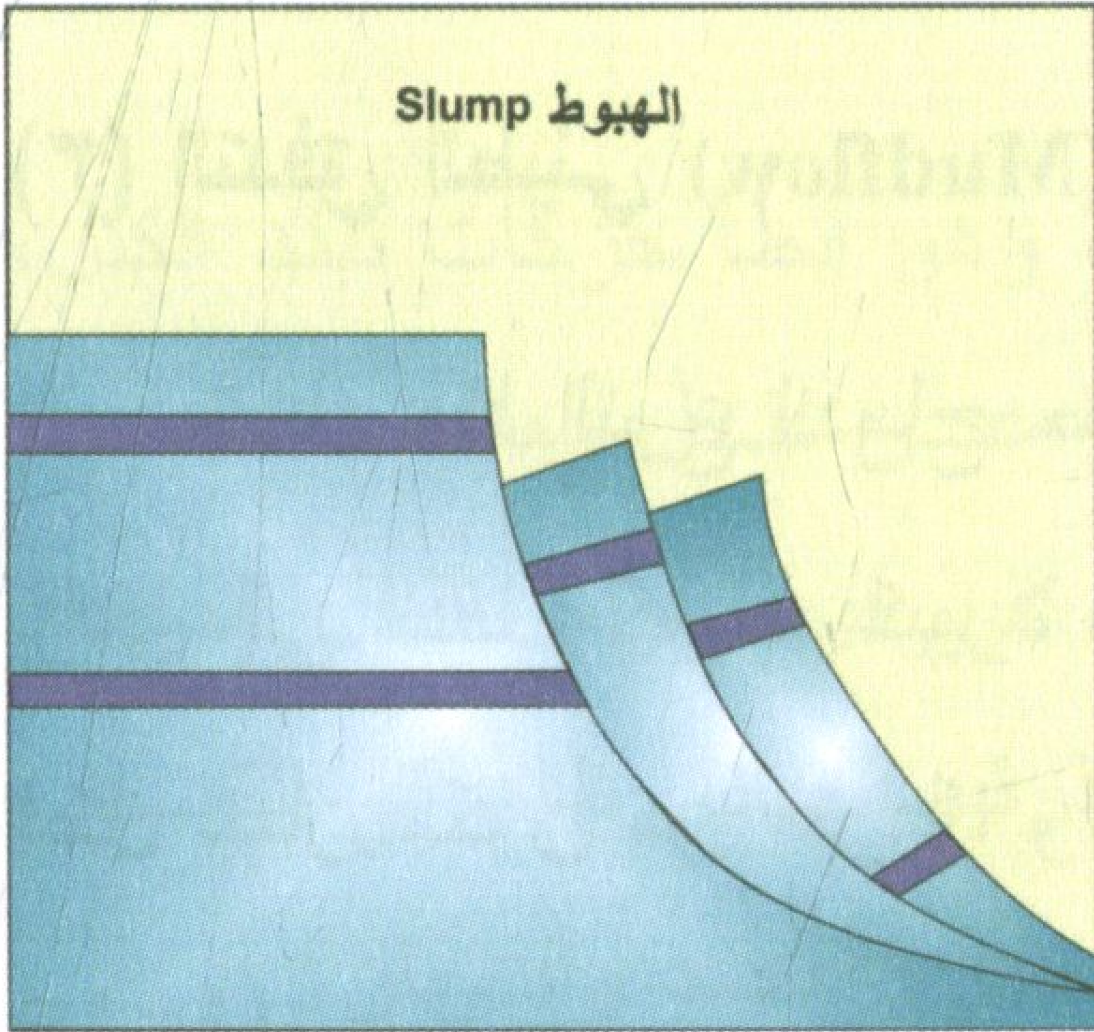
٢- أغلب التدفقات تكون مشبعة بالماء، وتتحرك على هيئة ألسنة.

٣ – معدل الحركة (سرعة الحركة) (Rate of Movement)

توصف حركات تبدد الكتل بأنها سريعة أو بطيئة، إلا أنه يصعب رسم خط فاصل بينها. تختلف سرعة حركة نوع معين من الكتل المتبددة من وقت لآخر. بعض حركات الكتل يحدث فجأة والبعض الآخر بالتدريج. من أمثلة الحركات السريعة، ما يسمى بالانهيارات الصخرية (rock avalanche) وهي حركة سريعة، ومفاجئة لكتلة كبيرة من كسر الصخور (الدبش) على المنحدرات الشديدة، كما لو كانت شلالات، ولكن من قطع صخرية، بدلاً من الماء. هذه السرعة قد تزيد على ٢٠٠ كم/ساعة. ومن الحركات البطيئة ما يعرف بالزحف، ولا تزيد سرعته على بضع ملليمترات أو سنتيميتر واحد في السنة. ومن الأنواع المهمة لانزلاقات الحطام الصخري على المنحدرات:

(١) الهبوط (Slump)

يقصد بالهبوط انزلاق كتلة صخرية غير متماسكة كوحدة واحدة على مستوى مقعر شبه موازي للمنحدر (شكل ١٥–٢). قد يكون الهبوط في وحدة واحدة، أو مركبًا في عدة قوالب. يتميز الهبوط بحركة سريعة ولا يبتعد عن منشئه. يحدث الهبوط في حالتين:



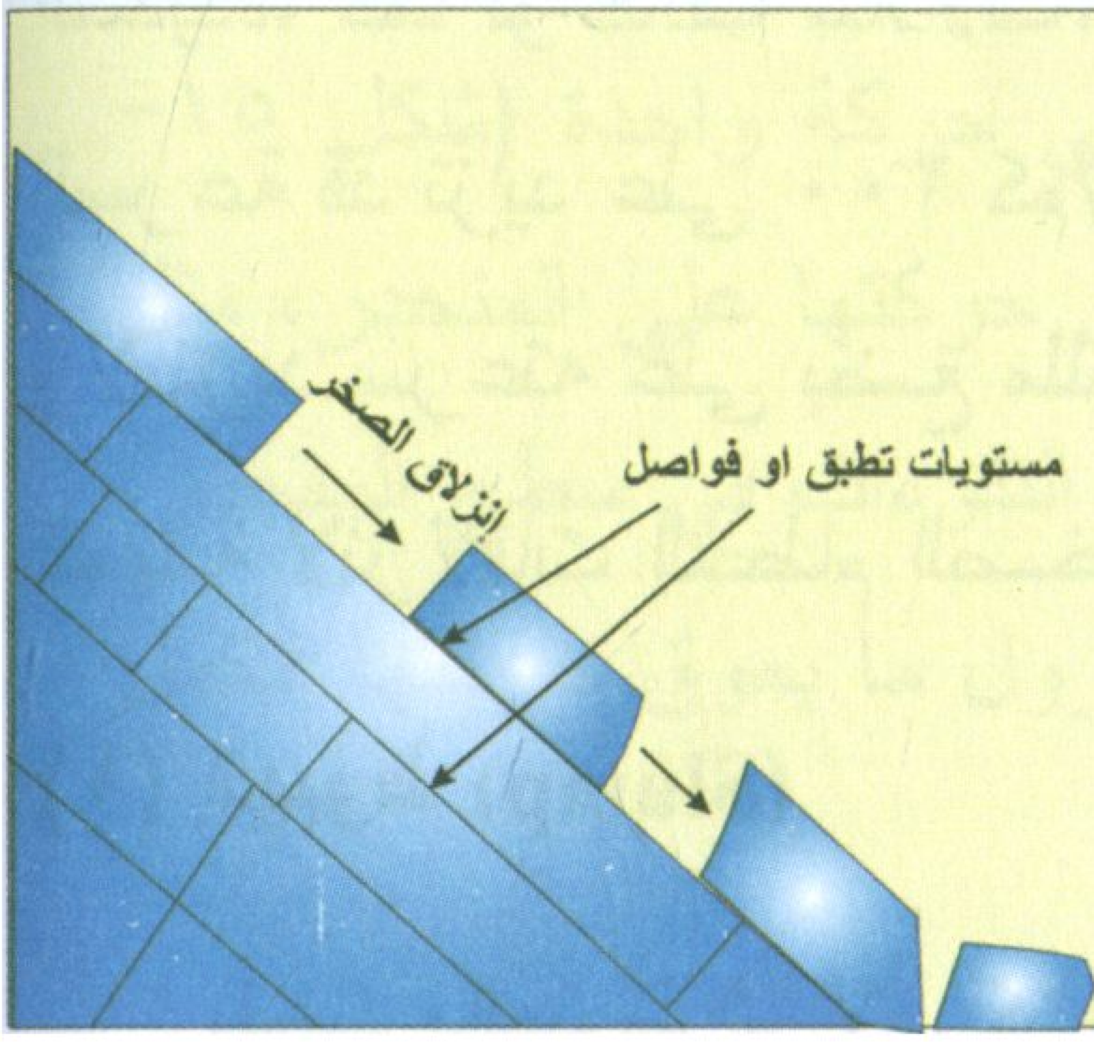
شكل ١٥–٢. الهبوط الصخري.

١– عندما يكون المنحدر شديد الميل، وتكون المواد أعلى المنحدر متكئةً على المواد بقاعدته، وحين تزال المواد من القاعدة، تصبح المواد أعلى المنحدر غير مستقرة، وبالتالي تتحرك لأسفل بتأثير الجاذبية.

٢- عندما توجد طبقات ضعيفة التماسك، غنية بمكوناتها الطينية، أسفل طبقات أكثر صلابة، مثل الصخور الرملية، فإذا تخلل الماء الصخور الرملية، فيقلل من مقاومة الطبقات السفلى الطينية، مما يدفع بحمولتها إلى أسفل المنحدر، ناجمًا عن ذلك انهيار مكوناته.

(٢) الانزلاق الصخري(Rock Fall or Rock Slide)

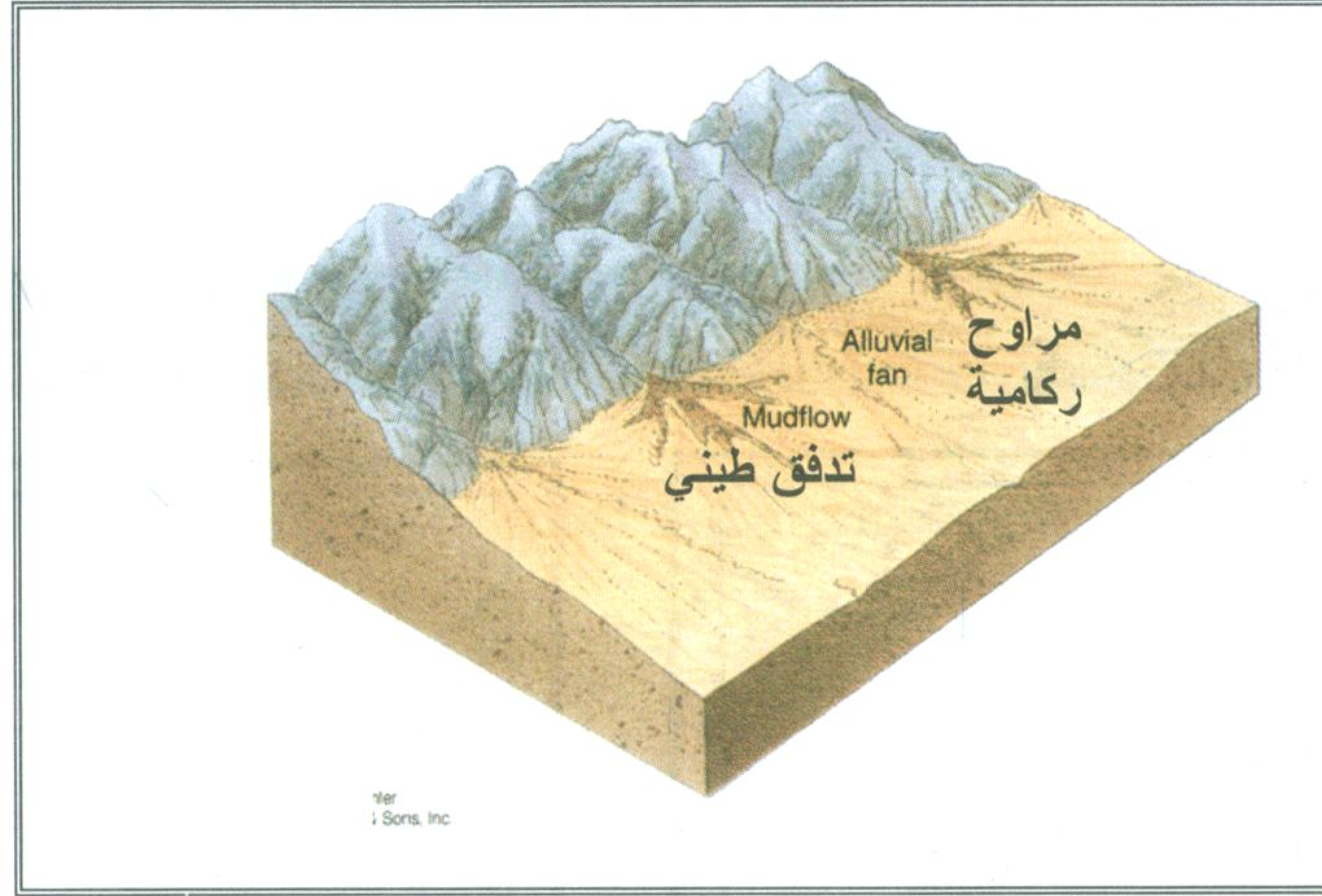
يحدث الانزلاق الصخري، عندما تنكسر قوالب من الطبقات الصخرية، وتتحرك منزلقة لأسفل، وهي حركات تحدث على المنحدرات شديدة الانحدار، ولاسيما الجروف (cliffs)، وهو من أسرع أنواع تبدد الكتل حركة. يحدث الانزلاق عادة عندما تكون الطبقات مائلة، أو تكون الفواصل، والتشققات موازية لسطح الأرض (شكل ١٥-٣).



شكل ١٥-٣: الانزلاق الصخري.

(٣) التدفق الطيني (Mudflow)

يشمل هذا النوع اندماج حطام صخري، مع كمية كبيرة من الماء، مما يؤدي إلى اندفاع كميات كبيرة من الرسوبيات، وينتج عن ذلك تدفق طيني على شكل لسان مكون من التربة، والصخور، والماء، وهو ذو كثافة عالية (شكل ١٥-٤).



شكل ١٥-٤. التدفق الطيني. (عن ستراهلير A.N. Strahler، John Wiley & Sons. Inc).

(٤) التدفق الترابي(Earth Flow)

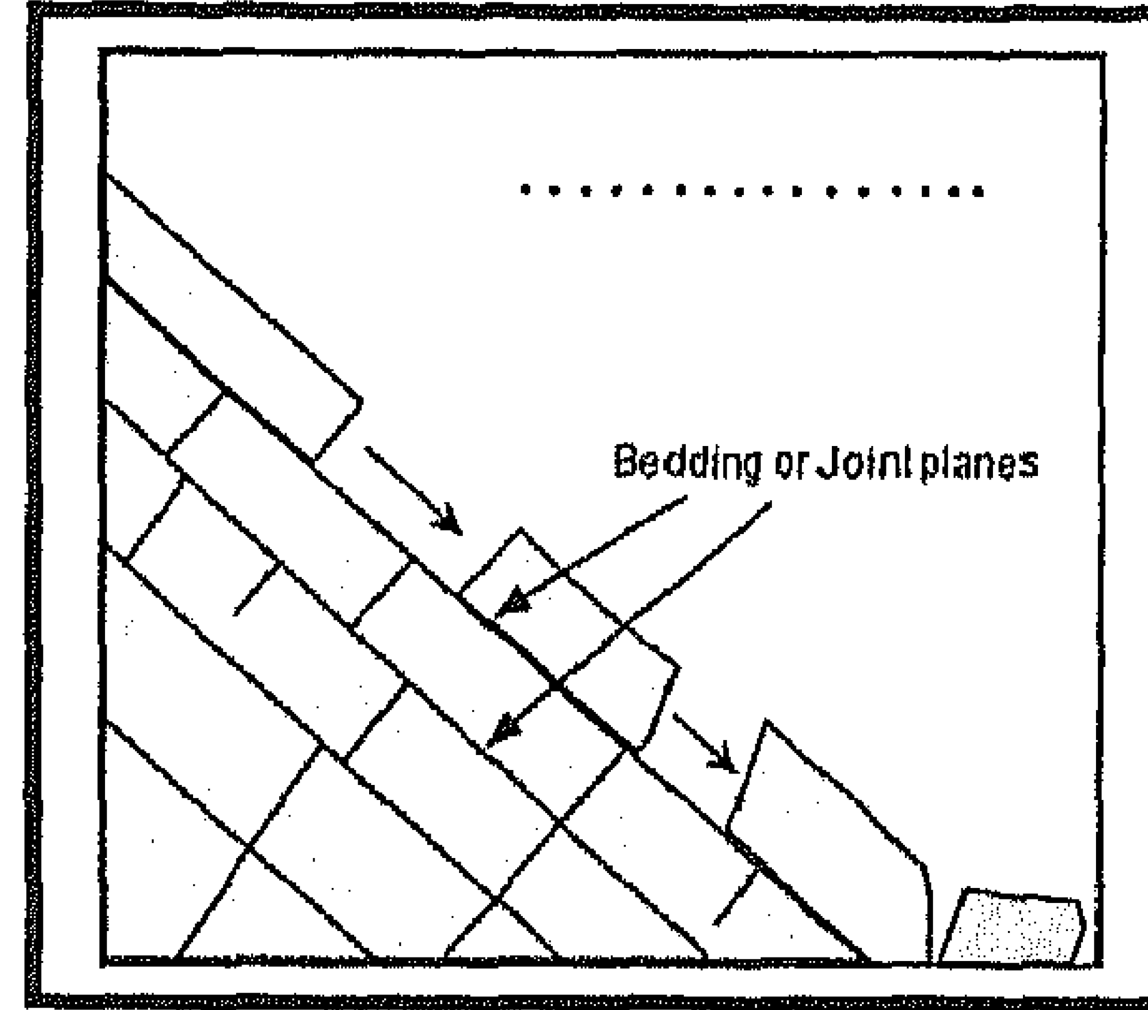
يحدث التدفق الترابي فوق سفوح المنحدرات في المناطق الممطرة، وعند تشبع الهشيم الطيني بالماء. تتفاوت سرعة التدفق الترابي من بضعة أمتار في الساعة، إلى عدة أمتار في الدقيقة، ويتوقف ذلك على شدة الانحدار، وتجانس المواد، ونظرًا لأن التدفق الترابي لزج، فإن حركته أقل من التدفق الطيني.

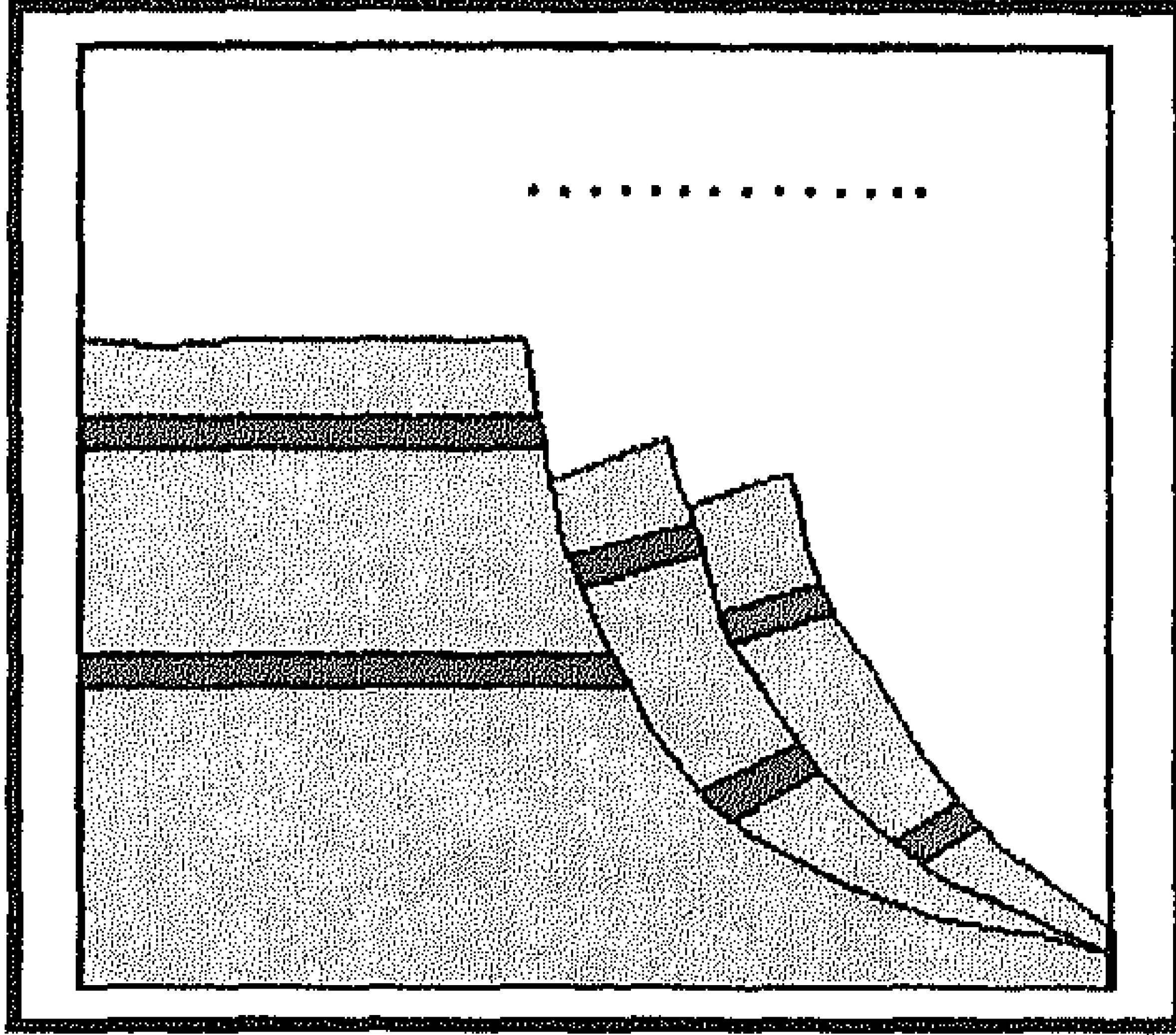
(هـ) الزحف (Creep)

يحدث الزحف على السطوح قليلة الانحدار، وهو أبطأ حركات تبدد الكتل، ويصعب ملاحظته. عمليات الزحف هي المسئولة عن نقل معظم الحطام الصخري، حتى يصل إلى الأماكن التي يمكن أن تقوم فيها عوامل النقل المختلفة بنقله إلى أحواض الترسيب. أحد أسباب الزحف الرئيسة تبادل ظاهرتي التمدد، والانكماش لمكونات سطح الأرض، الناتجة عن ظاهرة التجمد والذوبان.

أسئلة وتدريبات

١- اكتب اسم التبدد الكتلي المناسب لكل من الصورتين الآتيتين:





2- Choose the correct answer from the following:

1- The most important stress opposing a slope's shear stress is imparted by:

- O running water
- O earthquakes
- O frost wedging
- O gravity

2- Water can encourage mass flow by:

- O reducing friction between grains
- O undercutting a steep slope
- O weathering bedrock to clay minerals
- O all of the above

3-A talus cone is produced by a:

- O rock fall
- O rock glides
- O mud flows
- O all of the above

4- Loose, uncemented geologic material is said to be ______.

- O Liquefied
- O Crystallized
- O Unconsolidated
- O consolidated

5- Which of the following is the most important factor in causing mass movements?

- O Temperature
- O Pressure
- O water content
- O bulk composition

6- Which of the following does not promote mass movement?

- O steep slopes
- O forest fires
- O heavy rainfall
- O all of the above promote mass movement

7- The process by which masses of rock and soil move downhill under the influence of gravity is called ______.

- O landsliding
- O mass wasting
- O hydraulic action
- O solifluction

8- A hill consisting of loose, dry sand that slopes at the angle of repose and has no vegetation _______.

- O is stable unless over steepened by excavation
- O may flow if it becomes saturated with water
- O will be more stable if vegetation takes root on the hill
- O all of the above

9- One of the most effective ways to stabilize a slope is to:

- O remove all excess vegetation
- O increase the rate of compaction - add water
- O control and remove water
- O none of the above

10- Which of the following can trigger a landslide?

- O an earthquake
- O a heavy rainstorm
- O removal of material from the base of a slope
- O all of these

11- During an earthquake, water-saturated sand can behave like a liquid, a process called ____.

- O slurrification
- O solifluction
- O unconsolidation
- O liquefaction

12- Which of the following statements about mudflows is false?

- O mudflows tend to move slower than debris flows
- O mudflows are most common in semi-arid regions
- O mudflows contain large amounts of water
- O mudflows can carry large boulders

13- Which of the following mass movements is the fastest?

- O Mudflows
- O debris avalanche
- O soil creep
- O earthflow

14- What is the dominant force that causes mass movement?

- O tidal forces
- O seismic energy release
- O gravity
- O wind

15- Which of the following processes is not strongly influenced by gravity?

- O flow of glacial ice
- O movement of landslides and debris slides
- O movement of water in streams
- O all of these are strongly influenced by gravity

16- Which of the following statements is false?

- O round debris form steeper slopes than angular debris
- O large debris form steeper slopes than small debris
- O dry debris form steeper slopes than water-saturated debris
- O moist debris form steeper slopes than dry debris

17- Which of the following situations is least likely to result in mass movement?

- O a steep slope
- O a slope with loose material saturated with water
- O a slope with abundant vegetation
- O a slope consisting of fractured and deformed rock

18- Which of the following situations is most likely to undergo mass wasting?

- O a dry moderate slope of unconsolidated material
- O a wet, moderate slope of unconsolidated material
- O a dry, steep slope of unconsolidated material
- O a wet, steep slope of unconsolidated material

19- Which of the following rock types forms the steepest slopes?

- Granite
- Shale
- volcanic ash beds
- all of these rock types form steep slopes

20- Which of the following slopes is least stable?

- a slope where the sedimentary layers dip parallel to the slope
- a slope where the sedimentary layers are horizontal
- a slope where the sedimentary layers dip perpendicular to the slope
- all of these slopes have the same stability

21- How do geologists classify mass movements?

- by the speed of the mass movement
- by the nature of the material
- by the nature of the movement
- all of these

22- Which of the following types of mass movement could a person not outrun?

- slump
- soil creep
- debris flow
- debris avalanche

23- A slow slide of unconsolidated material that travels as a unit is called ______.

- slump
- soil creep
- debris flow
- debris avalanche

الباب السادس عشر

الزمن الجيولوجي (Geologic Time)

- مقدمة
- طرق تأريخ الأرض
- التأريخ النسبي

مقدمة (Introduction)

الزمن الجيولوجي، هو تاريخ تكوين الأرض وسجل ظهور الحياة فوقها. يعتبر الزمن الجيولوجي من المفاهيم العلمية الصعبة بسبب طوله غير المألوف في حياتنا. لقد حاول كثير من العلماء قديمًا وحديثًا معرفة أسرار نشأة الأرض، وعمرها. ففي عام ١٧٨٥م، نشر العالم الأسكتلندي جيمس هتون (James Hutton) كتابًا اسمه نظرية الأرض (Theory of the Earth)، والذي انتهي إلى أن القوانين التي تحكم تطور الأرض، وعملياتها الخارجية والداخلية، لم تتغير منذ أن خُلقَت الأرض حتى وقتنا هذا، وهذا ما يسمى بنظرية الوتيرة الواحدة (uniformitarianism). ومن النظريات القديمة الأخرى، نظرية الكوارث (catastrophism)، التي تبناها العالم جيمس آشير (James Ussher) (منتصف القرن السادس عشر mid 1600s)، والتي تنص على أن العمليات الجيولوجية تحدث فجأة، وبعنف شديد ولذلك فهي تترك آثارها في وقت قصير جدًا.

طرق تأريخ الأرض (Methods of Earth Dating)

(١) طريقة حساب معدل الترسيب السنوي (Rate of Annual Deposition)

دلل بعض الجيولوجيين بأنه إذا تمكنوا من معرفة معدل الترسيب السنوي، ومعرفة السمك الكلي للصخور الرسوبية التي تراكمت، فإنه من الممكن معرفة الزمن الجيولوجي بدقة، كما هو واضح من المعادلة التالية:

$$\text{الزمن الجيولوجي} = \frac{\text{معدل السمك الكلي للصخور الرسوبية}}{\text{معدل الترسيب السنوي}}$$

ولكن واجهت هذه الطريقة بعض الصعوبات، مثل:

أ- يختلف معدل الترسيب السنوي من مكان لآخر، ومن زمن لآخر، وأن معدل الترسيب الحاضر، ليس بالضرورة هو معدل الترسيب في الماضي.

ب- لا يوجد موقع واحد به عمود جيولوجي متكامل، وبالتالي فإن هناك صعوبة في تقدير السمك الكلي للصخور الرسوبية.

ج- تضاغط الطبقات عند تصخرها يجب أن يؤخذ في الاعتبار عند قياس السمك.

بالرغم من صعوبة هذه الطريقة، فالرقم الذي يمثل أقصى سمك، يتراوح بين ٩٦٠٠ متر إلى أكثر من ١٠٠٥٠٠متر، والزمن اللازم ليجمع ٠,٣ متر من الرسوبيات يتراوح بين ١٠٠ سنة، إلى ٨٦٠٠ سنة، وعليه فإن العمر المقدر للأرض بهذه الطريقة يتراوح بين ٣ مليون و ١,٥ بليون سنة تقريبًا.

(٢) طريقة حساب كمية الأملاح (Salts Amount)

تفترض هذه الطريقة أن مياه البحار والمحيطات كانت في الأصل عذبة وأن ملوحة مياهها ناتجة من نقل الأملاح إليها عن طريق الأنهار. وبذلك يمكن معرفة عمر الأرض عن طريق حساب كمية الأملاح التي تنتقل إلى مياه المحيطات سنويًا، وكميات الأملاح الموجودة في المحيطات حاليًا حسب المعادلة التالية:

$$\text{الزمن الجيولوجي} = \frac{\text{كمية الأملاح الموجودة في المحيطات}}{\text{كمية الأملاح المنقولة سنويًا}}$$

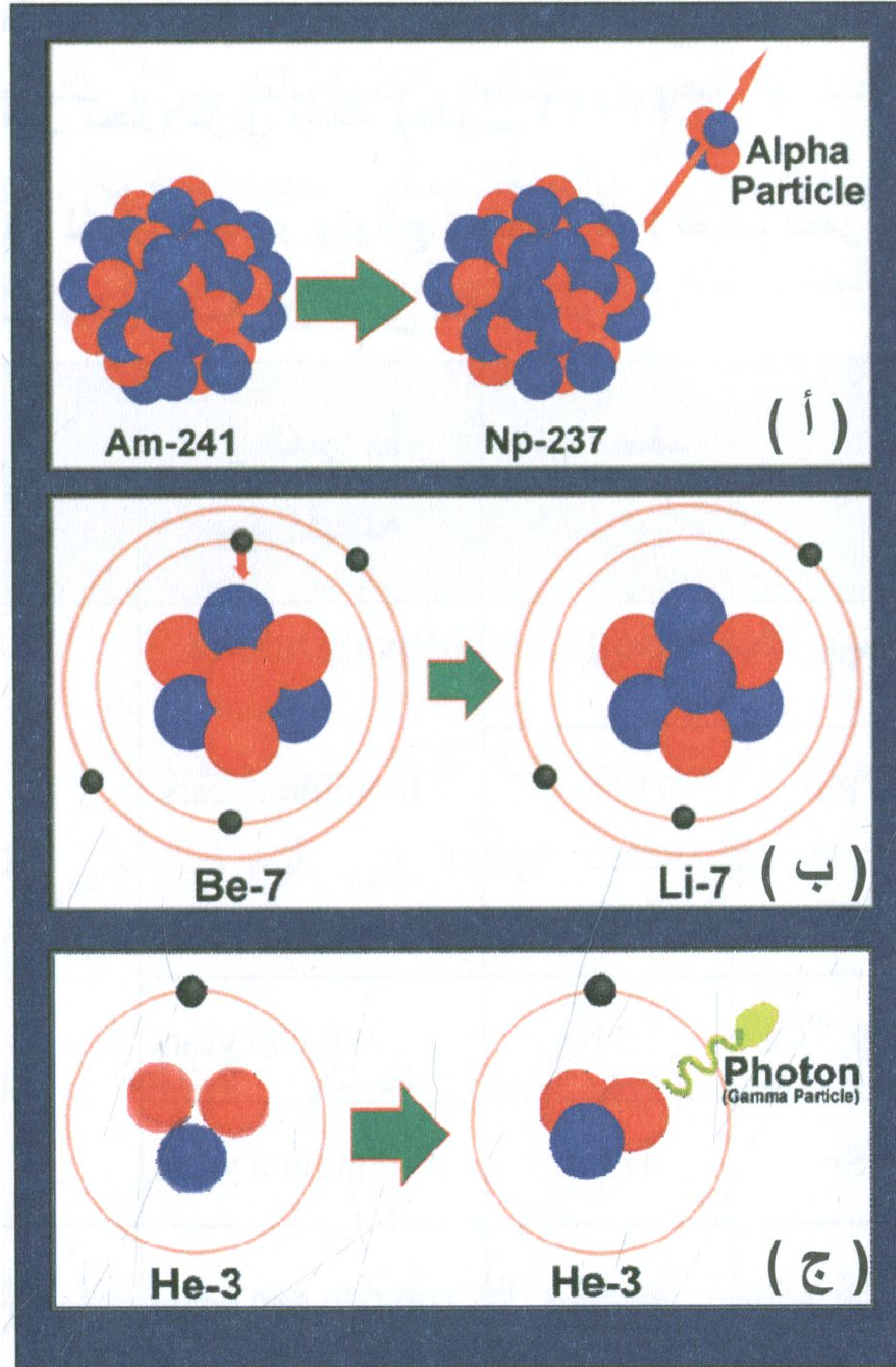
حسب هذه الطريقة، تم تحديد عمر الأرض بحوالي ٩٠ مليون سنة تقريبا.

(٣) طريقة حساب النشاط الإشعاعي (Radioactivity)

ينتج النشاط الإشعاعي عن تفتت مستمر لبعض نويات الذرات غير المستقرة، حيث ينتج عدة أنواع من الأشعة هي:

(أ) جسيمات ألفا: وهي نواة ذرة الهيليوم، وتحتوي على ٢ بروتون و٢ نيوترون (شكل ١٦-١أ).

(ب) جسيمات بيتا: وهي عبارة عن إلكترونات، وليس لها كتلة (شكل ١٦-١ب).



شكل ١٦-١. تفتت أنوية بعض الذرات لتعطي أشعة ألفا (أ)، وبيتا (ب)، وجاما (ج).

(ج) أشعة جاما: وهي موجات كهرومغنطيسية ذات أصول قصيرة، ولها قدرة على اختراق الأجسام (شكل ١٦-١ج).

ينتج النشاط الذري لعنصر معين من عدم ثبات التركيب النووي لنظير من نظائره، مثلا يورانيوم^{٢٣٨}، ويورانيوم^{٢٣٤}، والكربون^{١٤}، والكربون^{١٢}. تحتاج بعض العناصر عدة مراحل من التحلل للوصول إلى حالة الثبات، فاليورانيوم^{٢٣٨} يتحلل ثماني مرات بفقدان جسيمات ألفا، وست مرات بفقدان جسيمات بيتا، ليصبح رصاص^{٢٠٦}. استخدمت النظائر المشعة في التأريخ الإشعاعي، وذلك لأن معدل تحلل النظائر المشعة ثابت، وغير متأثر بأي عوامل كيميائية مساعدة، ولكل عنصر معدل تحلل ذري ثابت (جدول ١٦-١).

جدول ١٦-١. أمثلة لبعض العناصر ونواتج تحللها، وفترة نصف العمر لها، ومدى العمر الذي يمكن قياسه عن طريق تلك النظائر.

النظير الأم	الوليد	فترة نصف العمر $t_{1/2}$	مدى العمر الذي يمكن قياسه	نوع المادة المقاسة
^{238}U	^{206}Pb	4.5 b.y	>10 million years	صخور نارية ومعادن
^{235}U	^{207}Pb	710 m.y		
^{232}Th	^{208}Pb	14 b.y		
^{40}K	^{40}Ar & ^{40}Ca	1.3 b.y	>10,000 years	
^{87}Rb	^{87}Sr	47 b.y	>10 million years	
^{14}C	^{14}N	5,730 y	100 - 70,000 years	مواد عضوية

يعبر العلماء عن سرعة تحلل النظائر، بالزمن الذي يمر لكي ينخفض أي كمية من المادة المشعة إلى النصف، وهي فترة ثابتة لكل عنصر، وتسمى هذه الفترة الزمنية بفترة نصف العمر للعنصر المشع. يمكن معرفة فترة نصف العمر لأي عنصر مشع، وتقدير العمر المطلق لأي صخر يحتوي على هذا النظير، وذلك بمعرفة كمية النظير التي كانت موجودة في الصخر، أو المعدن، عند بدء تكوّنه، والكمية المتبقية عند تحلل الصخر. كل الكائنات الحية تحتوي على كمية صغيرة من كربون١٤ المشع. في الكائن الحي، يكون الكربون١٤ المشع المتحلل دائما في مرحلة استبدال، وبالتالي تكون نسبة الكربون١٤ إلى كربون١٢ ثابتة. عند تحلل النبات أو الحيوان تتناقص كمية الكربون١٤ تدريجيًا وبتحديد نسبة الكربون١٤ إلى الكربون١٢ بالعينة، يمكن تحديد تواريخ الكربون الإشعاعي. قدرت الطرق الحالية للتأريخ بالقياس الإشعاعي عمر الأرض فيما بين ٤,٦ إلى ٤,٨ بليون سنة.

التأريخ النسبي (Relative Dating)

الطرق الاستراتيجرافية (Stratigraphic Methods)

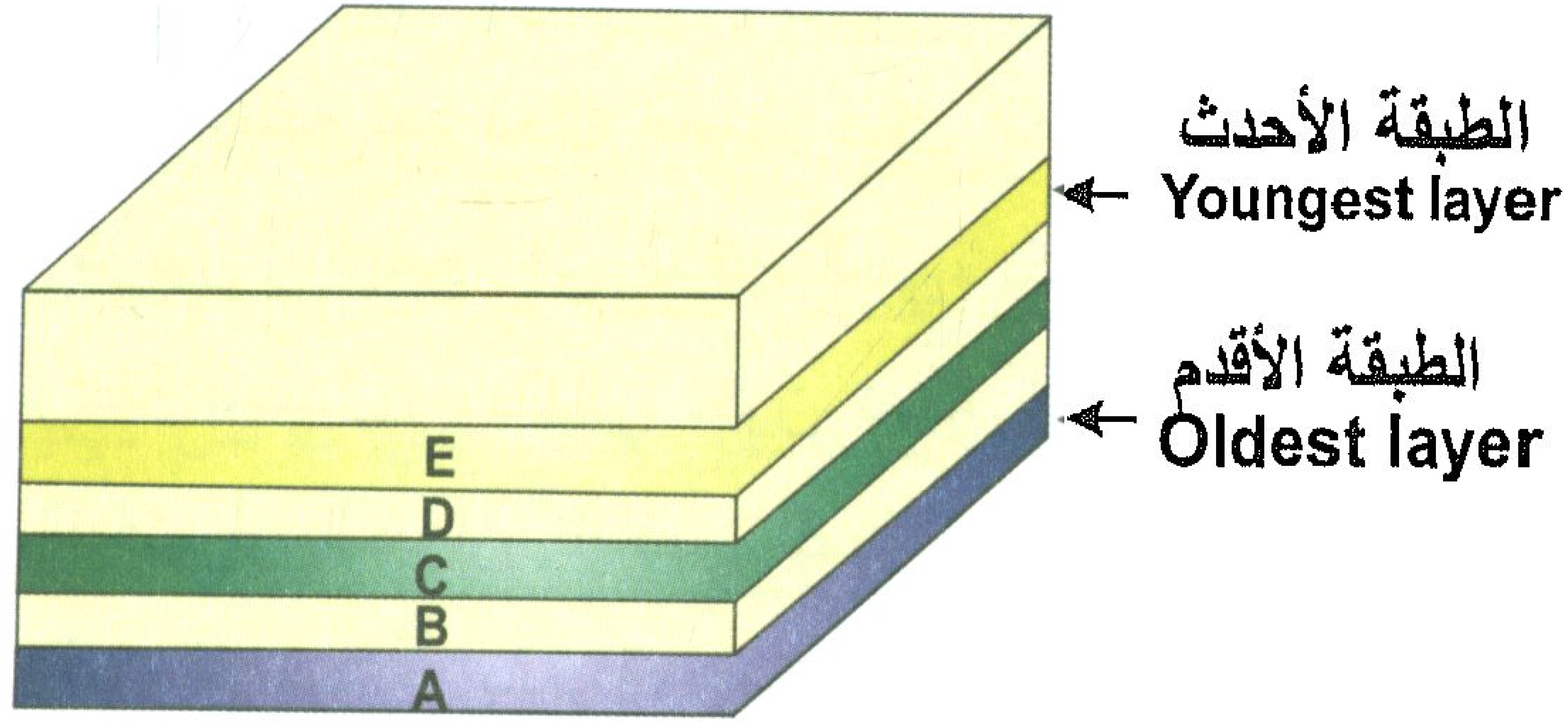
تعتمد الطرق الاستراتيجرافية كلها على تحديد العمر النسبي للصخور الطبقية، وتمر كل الدراسات الهادفة إلى التعرف على التاريخ الجيولوجي بمرحلتين:

أ- مرحلة تحديد العمر النسبي للصخور الطبقية " تطبيق قانون تعاقب الطبقات".

ب- مرحلة متابعة الطبقات التي أمكن معرفة تسلسلها الزمني في منطقة معينة، ومضاهاتها لصخور غير معروف عمرها.

قانون تعاقب الطبقات (Law of Superposition)

ينص القانون على أنه عند أي تتابع طبقي للصخور الرسوبية، فإن كل طبقة أقدم من الطبقة التي أعلاها، وأحدث من الطبقة التي أسفلها، ما لم تؤثر عوامل الطي والتصدع على هذه الطبقات (شكل ١٦-٢).



شكل ١٦-٢. مخطط يبين تتابع صخري رسوبي، حيث تعلو الطبقة الحديثة الطبقة الأقدم منها بأسفلها.

قانون المضاهاة (Law of Correlation)

يعتمد هذا القانون على مضاهاة الطبقات الصخرية، من حيث التشابه الصخري بينها، أو التشابه في المحتوى المعدني، أو التشابه الطبوغرافي. ولقد وضعت قواعد عامة للتوصل إلى مضاهاة مرضية ودقيقة بقدر الإمكان، وهذه القواعد هي:

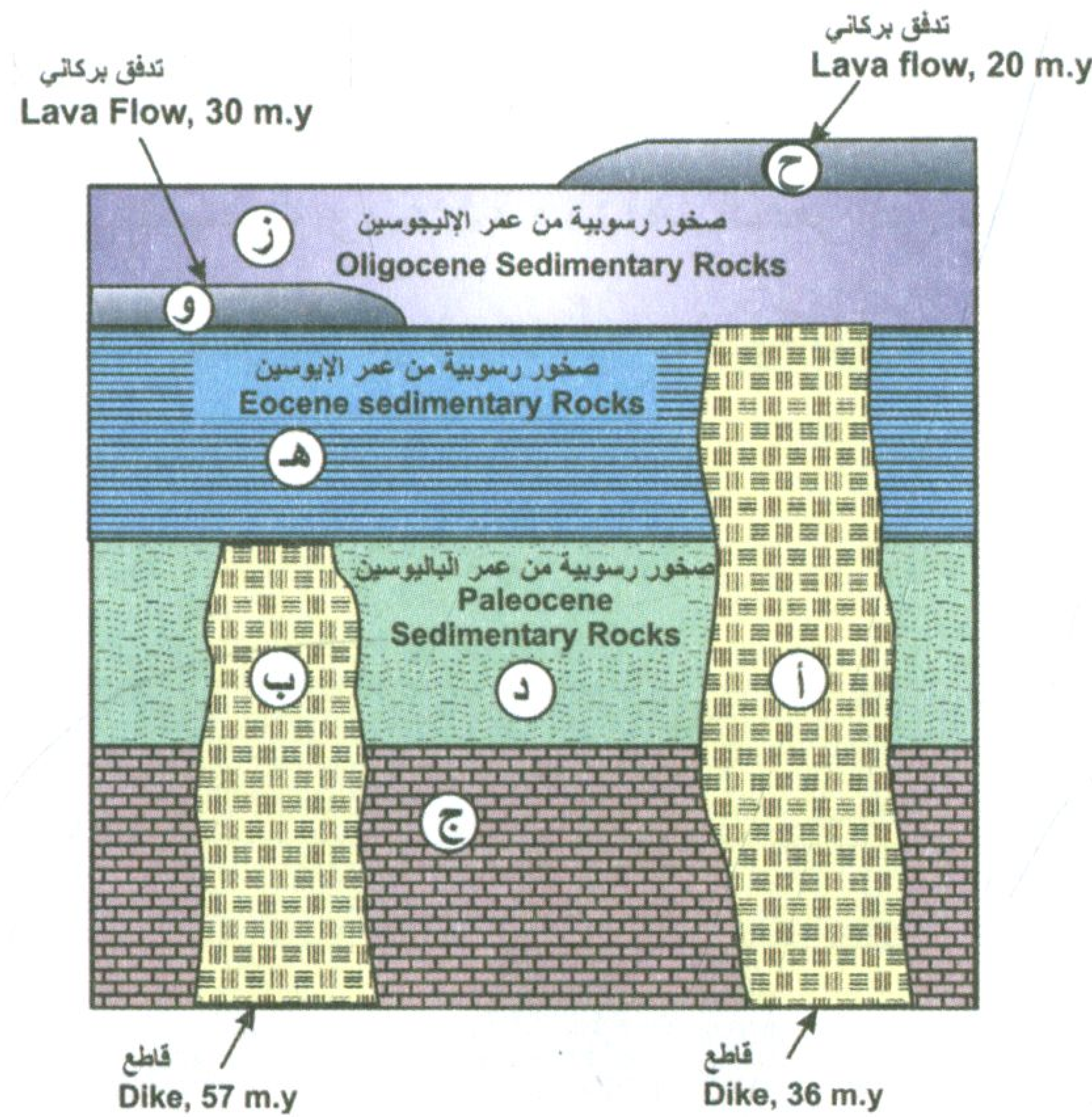
١- استمرارية الطبقات: استعمال هذه الطريقة قاصر فقط على الصخور الرسوبية التي توجد في حوض واحد، أو منطقة واحدة، ولا يمكن الاعتماد عليها في مضاهاة الطبقات في الأحواض الترسيبية الأخرى.

٢- التشابه الحجري للطبقات: الطبقات ذات الخصائص الحجرية الواحدة، قد تكون متطابقة في العمر، ولا يجوز الاعتماد على هذه القاعدة، حيث هناك العديد من الطبقات الجيرية المتشابهة، ولكنها تتبع أعمار جيولوجية مختلفة.

٣- المحتويات المعدنية: تعتمد هذه الطريقة على محتويات الصخر من المعادن الثقيلة، مثل: الزركون، والروتيل، وغيرها وتعتبر محتويات الصخور من هذه المعادن قرينة يمكن الاعتماد عليها في المضاهاة.

٤- الملامح الطبوغرافية: الصخور المتشابهة في الخصائص الحجرية والمتماثلة في العمر، تعطي نواتج متشابهة، عندما تؤثر عليها عوامل التعرية، وتؤدي إلى ظهور طبوغرافيا خاصة لنوع مميز من الصخور التي تنتمي إلى فترة واحدة.

٥- علاقة القاطع والمقطوع أو التقاطع: بصفة عامة القاطع أحدث من المقطوع (شكل ١٦-٣).

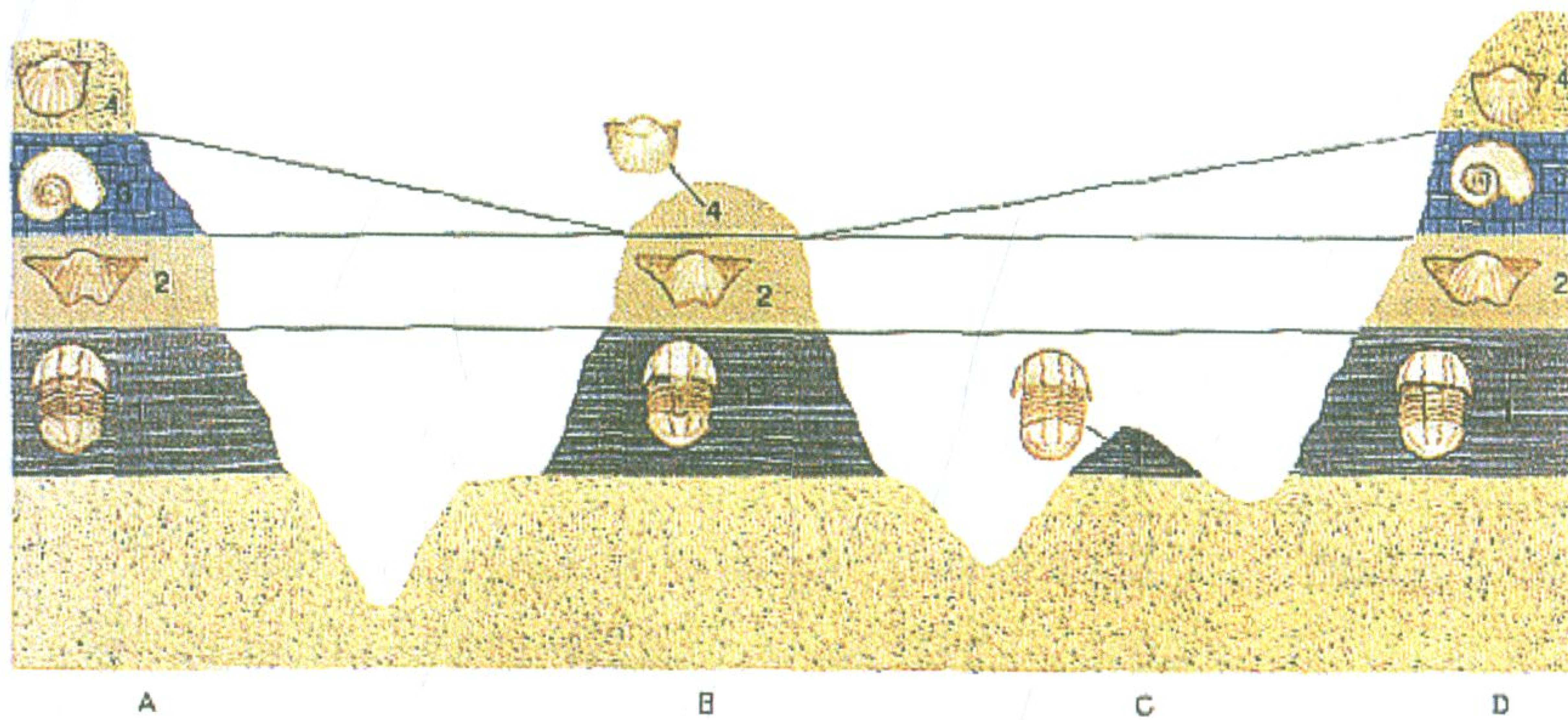


شكل ١٦-٣. مخطط لبعض الطبقات الرسوبية، يقطعها قاطعان من الصخور النارية. حسب قانون تتابع الطبقات وقاعدة القاطع والمقطوع، فإن العمر النسبي لهذه الصخور من الأقدم للأحدث هو: ج - د - ب - هـ - أ - و- ز - ح.

٦- يشار إلى الطبقات المترسبة بدون انقطاع، على أنها متوافقة، ولكن نادرًا ما توجد هذه الطبقات المتوافقة، حتى فترة زمنية معينة، ويشار إلى الانقطاعات في السجل الصخري بعدم التوافق (انظر الباب الثاني عشر).

قانون تتابع الحفريات (Low of Faunal Succession)

الحفريات عبارة عن بقايا متحجرة لهياكل صلبة لكائنات حية، نتجت من الرسوبيات بعد موتها مباشرة. تلعب الحفريات دورًا مهمًا في الدراسات الاستراتيجرافية، واستنتاج الزمن الجيولوجي، ومضاهاة الطبقات، حيث يكون مداها الاستراتيجرافي (الفترة بين ظهورها وانقراضها) كبيرًا، وانتشارها الجغرافي محددًا ببيئات وظروف خاصة، وتتكون في أنواع معينة من الصخور. الحفريات المفيدة في الدراسات الاستراتيجرافية، تنتمي إلى اللافقاريات، والرخويات، والمرجان. تكون الحفرية قرينة قوية لتحديد أعمار الطبقات إذا كان مداها الاستراتيجرافي قصير، ومحدد، ومداها الجغرافي متسعا ومشتملا، وتسمى الحفرية في هذه الحالة حفرية مرشدة، أو حفرية دليلية (index fossil) (شكل ١٦-٤).



شكل ١٦-٤. رسم توضيحي يبين عملية المضاهاة لتتابعات صخرية بناءً على محتواها من الأحافير.

أسئلة وتدريبات

١- أجب على الأسئلة الآتية؟

(١) اذكر ثلاثة وسائل حديثة لتأريخ الأرض:

أ-

ب-

ج-

(٢) اكتب في سطرين فقط عن الآتي:

(أ) تأريخ الأرض بطريقة حساب معدل الترسيب السنوي:

(ب) تأريخ الأرض بطريقة حساب كمية الأملاح:

(ج) تأريخ الأرض بطريقة حساب النشاط الإشعاعي:

(٣) اذكر الفرق بين الآتي:

عدم التوافق الزاوي (angular unconformities)	اللاتوافق التخالفي (nonconformity)	لاتوافق انقطاعي (disconformity)

2- Choose the correct answer from the following:

1- Fossils are most common in which rock types?

- ☐ sedimentary
- ☐ igneous
- ☐ metamorphic
- ☐ all of these commonly contain fossils

2- Which of the following is used by geologists to determine the relative ages in a rock sequence?

- ☐ stratigraphy
- ☐ fossils
- ☐ cross-cutting relationships
- ☐ all of these

3- Radiometric dating is least useful for __________ rocks.

- ☐ granitic
- ☐ basaltic
- ☐ metamorphic
- ☐ sedimentary

الباب السابع عشر

الموارد الجيولوجية (Geologic Resources)

- مقدمة
- الموارد المعدنية
- موارد الطاقة
- أمثلة لبعض الموارد الجيولوجية بالمملكة العربية السعودية
- أمثلة لبعض الموارد الجيولوجية بجمهورية مصر العربية
- أمثلة لبعض الموارد الجيولوجية بسلطنة عمان

مقدمة (Introduction)

تتعدد وتتنوع الموارد الجيولوجية التي تساهم في إنشاء العديد من الصناعات، على نحو يدعم جهود تنمية الدول، ويزيد مساهمة قطاعي التعدين والطاقة، في الناتج العالمي الإجمالي، واستيعاب المزيد من الأيدي العاملة.

الموارد المعدنية (Mineral Resources)

المعادن الفلزية (Metallic Minerals)

مثل الذهب، والفضة، والنحاس، والبلاتين، وتتميز بالمرونة، والتوصيل الجيد للحرارة (malleability and thermal conductivity). تقسّم هذه المعادن إلى ثلاثة مجموعات، اعتمادًا على التركيب البلوري والكيميائي:

أ- **مجموعة الذهب (Gold Group)**: تضم معادن الذهب (Au)، والفضة (Ag)، والنحاس (Cu)، والرصاص (Pb).

ب- **مجموعة البلاتين (Platinum Group)**: تضم هذه المجموعة معادن البلاتين، والأزميوم (Os)، والإريديوم (Ir)، والروديوم (Rh)، والروثينيوم (Ru)، والبلاديوم (Pd).

ج- **مجموعة الحديد (Iron Group)**: أهم معادن هذه المجموعة الحديد، والذي يوجد في الحالة العنصرية في صخور البازلت، والرسوبيات الكربونية، حيث يتطلب تكونه وسطًا مختزلاً، كي لا يتأكسد مكونًا معادن أكاسيد الحديد.


شكل ١٧-١. بلورات صفراء لامعة من معدن الذهب.

الذهب (Gold): تعود أصل تسمية الذهب إلى الكلمة اللاتينية أوروم (aurum) (أي الذهب) والتي تعني الفجر، أو شروق الشمس، ومنها جاء رمزه الكيميائي (Au). لقد احتل الذهب بمدلولاته المختلفة، صدارة المعادن المعروفة أهمية، فهو معدن نبيل، ونادر، وذو بريق ساحر، وسحر بريقه ليس سر أهميته أمام الكلفة الباهظة لاستخراجه، وصعوبة الاستحواذ عليه. الذهب فلز أصفر لامع، يتغير لونه إلى ألوان أخرى كالبرونزي، والأبيض الفضي، حسب نوع وكمية الشوائب الموجودة به (شكل ١٧-١). الذهب معدن لين قابل للطرق والسحب، وموصل جيد للكهرباء والحرارة. المخدش أصفر ذهبي، والبريق فلزي. ينصهر الذهب النقي عند درجة حرارة (حرارة الانصهار) ١٠٦٤,٤٣ درجة مئوية، ويغلي عند درجة (حرارة الغليان) بين ٢٦٠٠ و٢٨٠٧ درجة مئوية. الذهب هو أكثر العناصر كثافة، وهو أكثف من الحديد بمرتين ونصف المرة ومن الرصاص بضعفين. المعدن عديم الانفصام، والصلادة ما بين ٢.٥ إلى ٣. صناعة المجوهرات هي الأكثر استخدامًا للذهب بدون مقارنة، كما يستخدم الذهب في بعض التطبيقات المهمة مثل مجالات الصناعات الجوية، والفضائية، والإلكترونية والطبية.

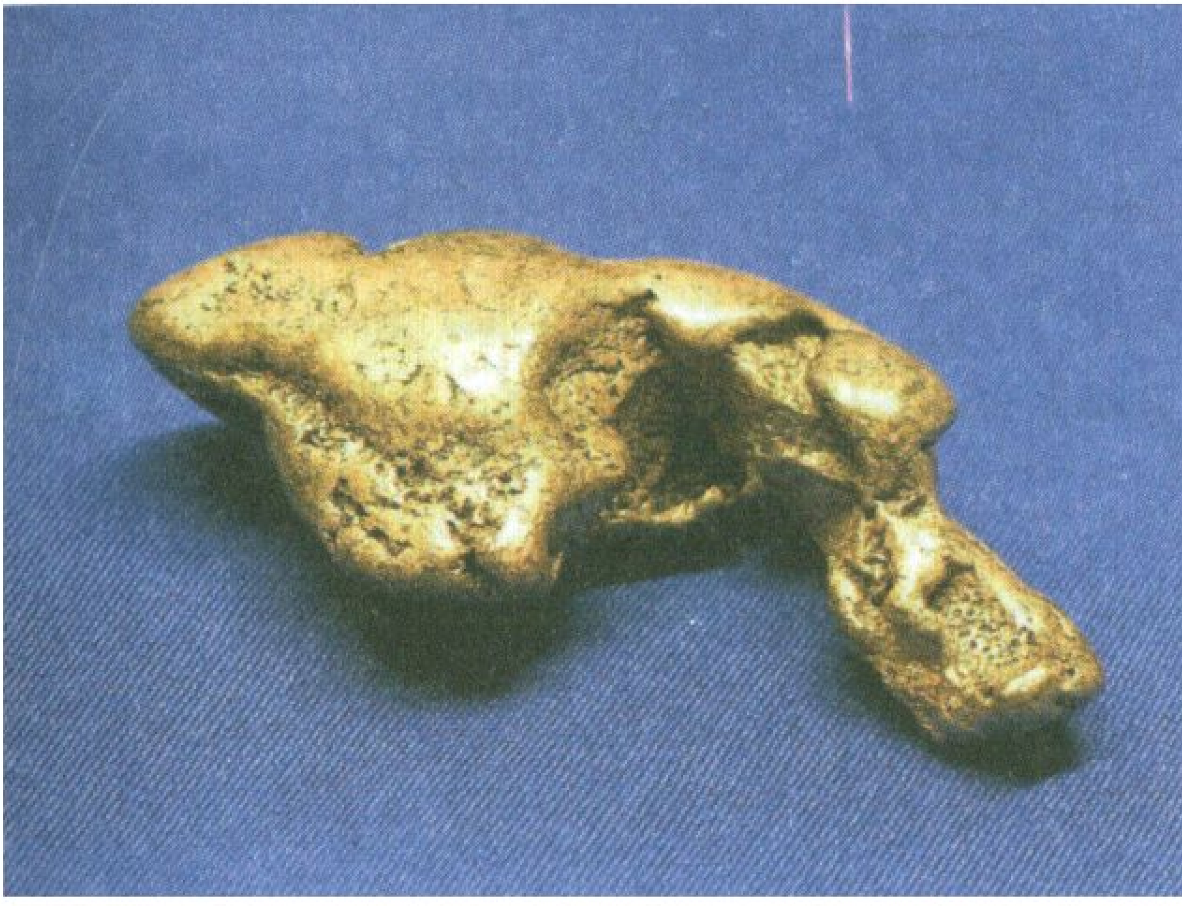
الفضة (Silver): يرجع اسم الفضة إلى كلمة *'Siolfor'* من اللغة الأنجلوساكسونية (Anglo-Saxon)، ورمزه Ag جاء من كلمة أرجنتا (argenta)، وهي من اللغة السنسكريتية (الهندية القديمة) ومعناه الرائق أو الصافي. الفضة

فلز لونه أبيض ناصع جدًا إذا كان نقيًا (شكل ١٧-٢)، وهي أفضل الفلزات في القدرة على نقل الحرارة وتوصيلها، وأيضًا في توصيل الكهرباء، وأقلها مقاومة لمرور التيار الكهربائي. وباستثناء الذهب، فإن الفضة من أكثر المعادن القابلة للسحب والطرق، أي مميزة في عمل الصفائح الرقيقة، والأسلاك الرفيعة جدًا. تتراوح صلادتها بين ٢.٥ و٣، والوزن النوعي ١٠.١ - ١١.١. للفضة قدرة عالية جدًا على عكس الضوء المرئي، ولهذا تستخدم في صناعة المرايا، ويمكن ترسيبها لهذا الغرض على الزجاج، أو بعض الفلزات الأخرى عن طريق الترسيب الكيميائي، أو الكهربي، أو بالتبخير. أحد الخواص المهمة للفضة هي قدرتها على قتل البكتريا، فهي عنصر سام وقاتل للميكروبات في العادة، ولكنها لا تضر الكائنات الحية الأرقى مثل الرئيسات، والإنسان. تنصهر الفضة عند درجة حرارة ٩٦٢ درجة مئوية، وتغلي عند درجة حرارة ٢٢١٢ درجة مئوية. تستخدم الفضة في العديد من المجالات، من أهمها سك النقود، وصناعة الحلي، والزخرفة. وتستخدم في الخلايا الكهروضوئية، وفي الأجهزة الطبية، ومحركات السيارات، والطائرات، والحاسبات الإلكترونية.



شكل ١٧-٢. كتل غير منتظمة من معدن الفضة مصاحبًا للكوارتز.
http //www.irocks.comdawson2.html

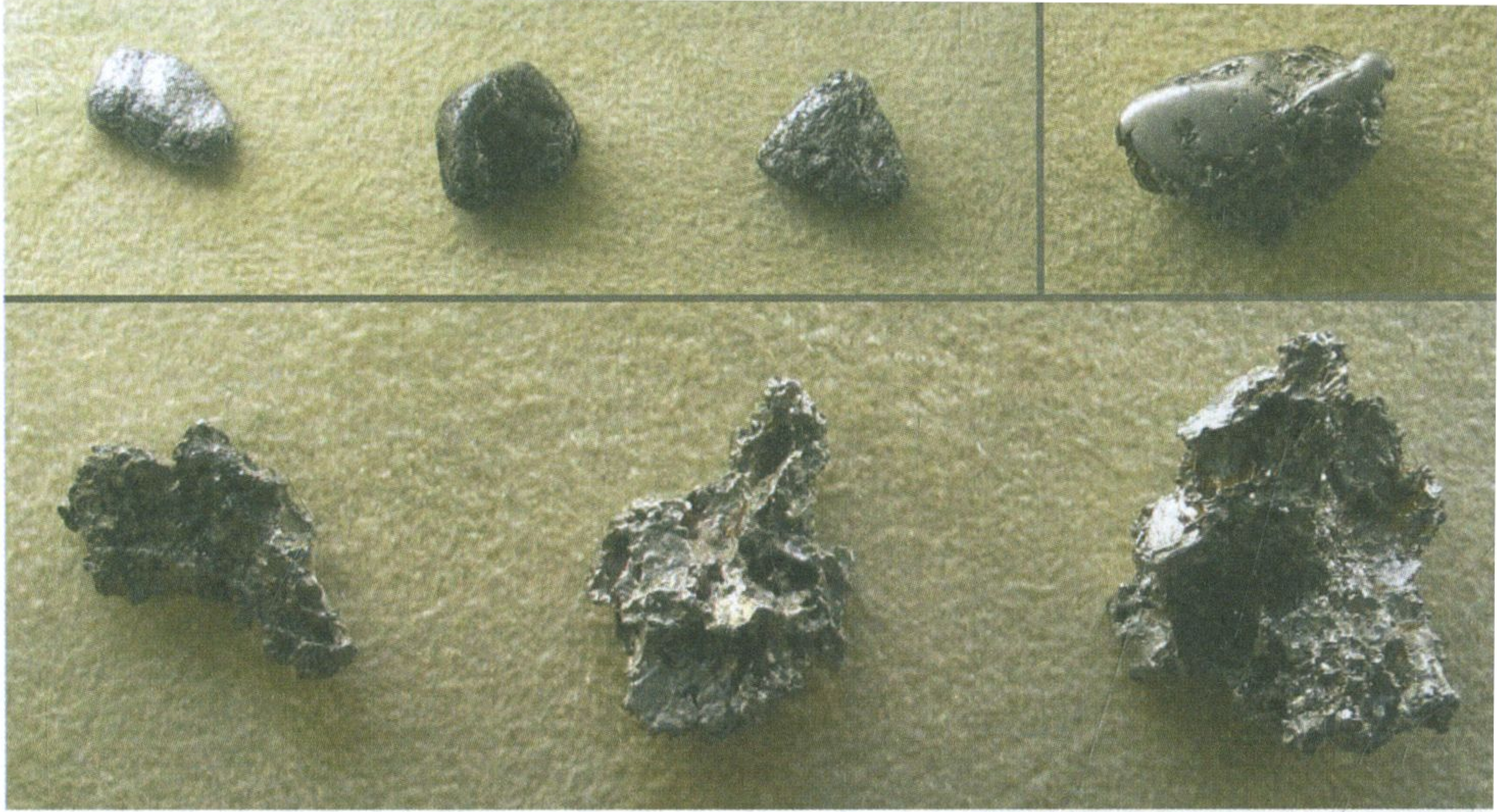
النحاس (Copper): سُمي المعدن بهذا الاسم من اللغة اللاتينية كوبرم (Cuprum). النحاس عنصر كيميائي رمزه Cu، عدده الذري ٢٩، ووزنه الذري ٦٣.٥٤، كثافته ٨.٩٥، ونقطة انصهاره ١٠٨٣ درجة مئوية، ونقطة غليانه ٢٣١٠ درجة مئوية. يتراوح لون معدن النحاس بين أحمر نحاسي، أو أحمر مصفر، أو بني، وصفائحه الرقيقة جدًا تتميز بلون أخضر في الضوء النافذ. الصلادة ٢.٥ – ٣ ومقياس فيكر للصلادة = ٧٧-٩٩. المكسر مسنن، والمعدن قابل للسحب والطرق. ويتميز المعدن ببريق فلزي (شكل ١٧-٣). النحاس مادة جيدة للتوصيل الحراري والكهربائي، لذا تصنع منه المبادلات الحرارية، والأسلاك والتوصيلات الكهربائية، كذلك يستخدم النحاس في صنع البطاريات، والمعدات الكهربائية، والصناعية، وأوعية الطهي. يدخل النحاس في تركيب العديد من السبائك مع النيكل، والقصدير، والزنك، والذهب، وتصنع منه العملات المعدنية كعملة نحاسية، أو يدخل ضمن السبائك مثل صناعة البرونز (سبيكة)، وكذلك في صناعة الأعتدة الحربية، وبعض الأجهزة والمعدات الموسيقية.



شكل ١٧-٣. معدن النحاس في هيئة كتلية غير منتظمة (من ويكيبيديا، الموسوعة الحرة).

البلاتين (Platinum): يعود أصل كلمة بلاتين إلى كلمة أسبانية وهي "بلاتا" وتعني الفضة الصغيرة. اللون أبيض رصاصي، أو فضي (شكل ١٧-٤) وفي القطاعات المصقولة يظهر أبيض اللون. الصلادة = ٤ – ٤.٥، ويتراوح الوزن النوعي ما بين ١٤ و١٩، وقد يصل في حالته النقية إلى ٢١.٤. معدن البلاتين

معدن قوي لا يصدأ، ولا يفقد بريقه عند تعرضه للهواء، لأن البلاتين لا يتفاعل مع الأكسجين، أو مركبات الكبريت الموجودة بالهواء، كما أنه لا يتأثر بالأحماض التي تذيب معظم الفلزات الأخرى. درجة الانصهار= ١٧٧٢ درجة مئوية، ودرجة الغليان= ٣٨٢٧ درجة مئوية.



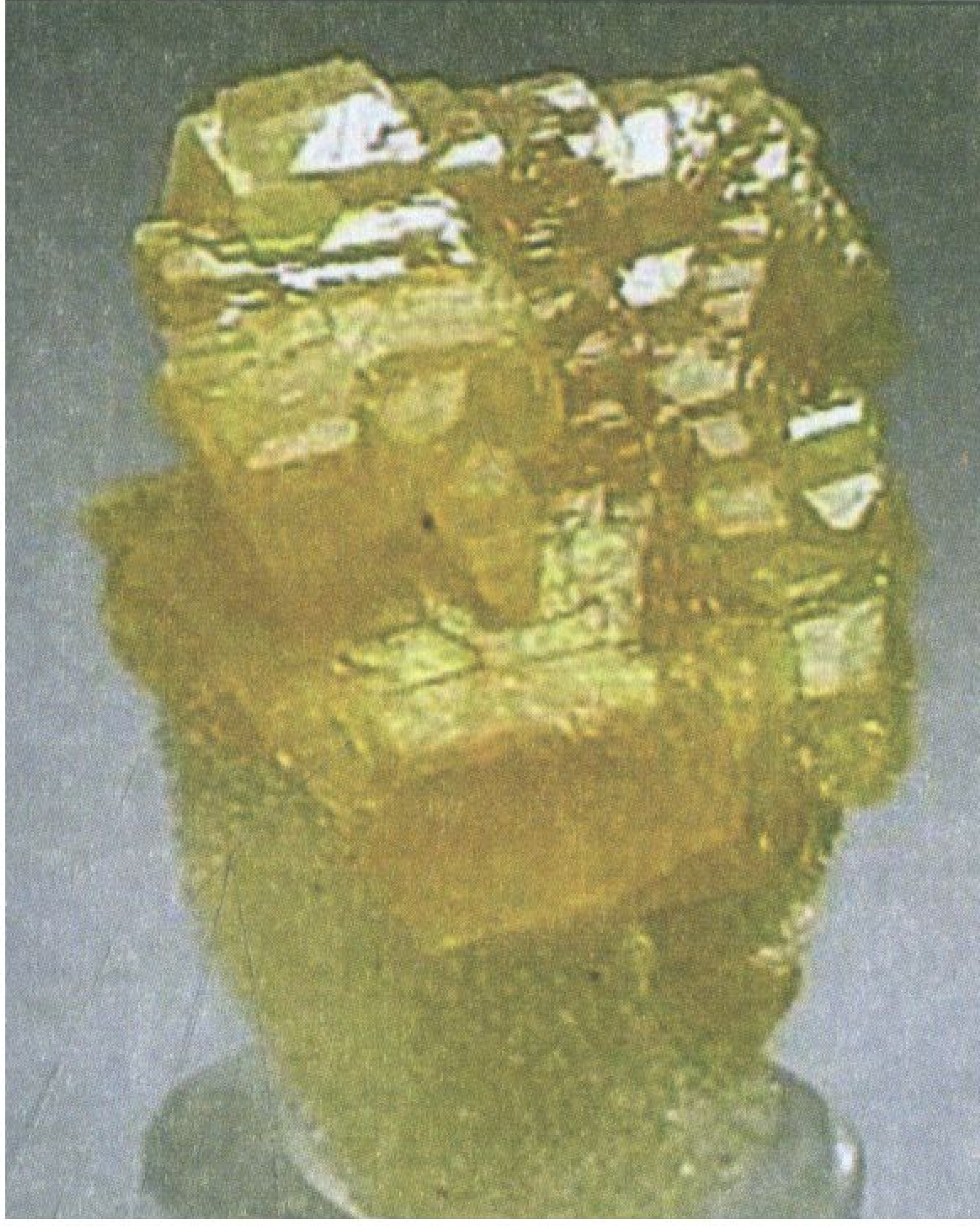
شكل ١٧-٤. أشكال غير منتظمة رصاصية وفضية اللون لمعدن البلاتين.
http://ar.wikipedia.org/wiki/%D9%85%D9%84%D9%81:Platinum_nuggets.jpg

يستخدم البلاتين في صناعة الأدوات المعملية، مثل بواتق وأطباق البلاتين حيث يقاوم الحرارة والتآكل بواسطة العديد من المواد الكيميائية. كما يستخدم البلاتين في عمل الأسلاك، والألواح الرقيقة، التي تستخدم في أغراض مختلفة. ويُستخدم البلاتين بمثابة عامل حفّاز فعّال، أي كمادة تزيد من سرعة التفاعلات الكيميائية، دون أن يطرأ أي تغير عليها. يستخدم البلاتين في صناعة محركات السيارات. كما يستخدم في كثير من التوصيلات الكهربائية وفي شموع الاحتراق، وفي آلات الاحتراق الداخلي. كما يعمل البلاتين على تفكيك أجزاء النفط، ويدخل في صناعة المجوهرات في نطاق واسع، لما يتمتع به من قوة

وصلابة، بالإضافة إلى عدم تأثره بالمواد المزيلة للبريق، ويستخدم البلاتين في صناعة أفضل الأدوات الجراحية، والأدوات المخبرية وفي طب الأسنان، كما تستخدم بعض المركبات الكيميائية الحاوية للبلاتين في علاج بعض حالات السرطان، مثل مركب سيس بلاتين (عن ويكيبيديا، الموسوعة الحرة).

المعادن اللافلزية (Non Metallic Minerals)

تضم هذه المجموعة معادن الكبريت (S)، والماس (C)، والجرافيت (C)، وكلها معادن ذات قيمة في التجارة والصناعة.

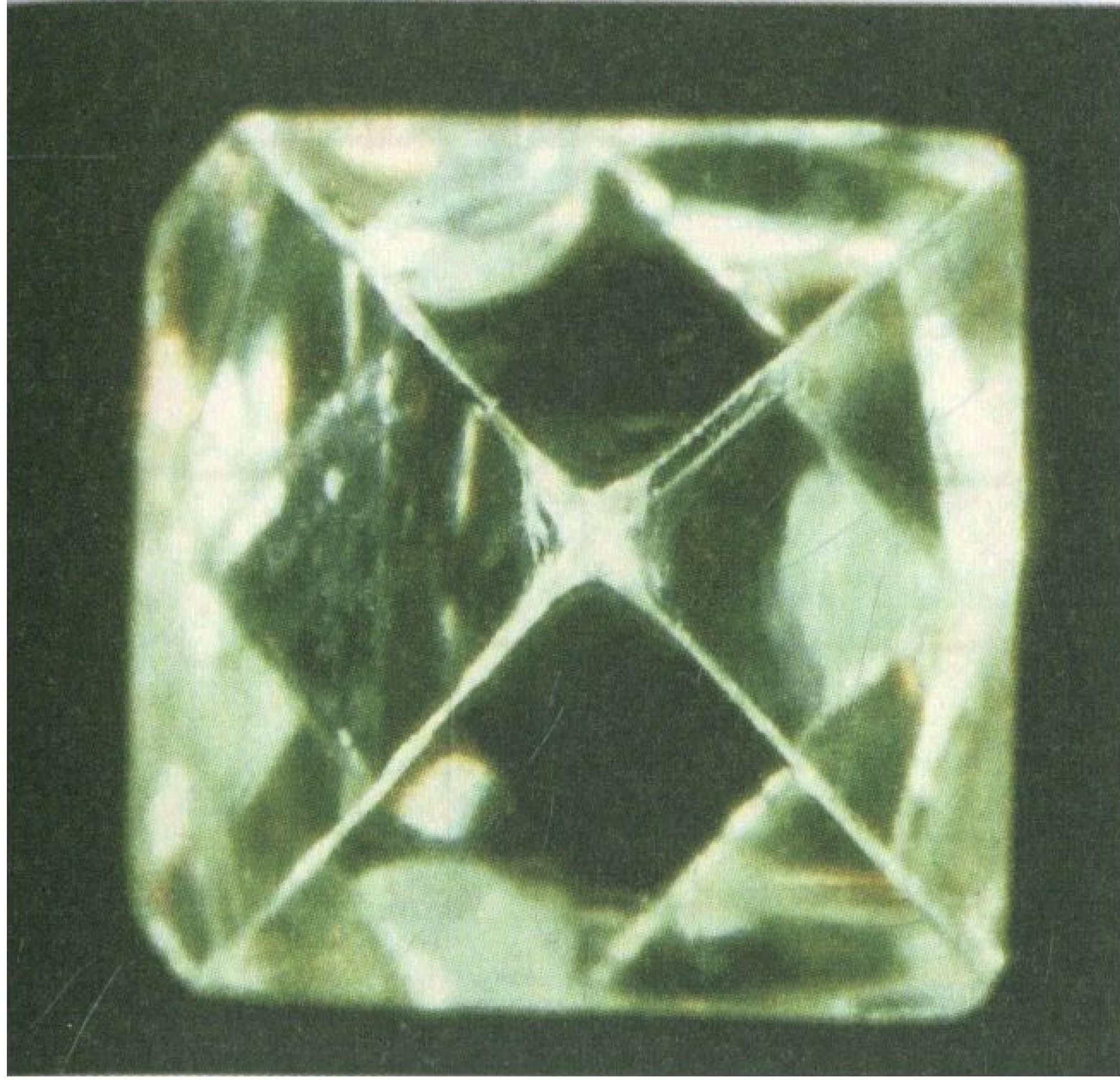


شكل ١٧-٥. بلورات مركبة لمعدن الكبريت على بلورات سكرية اللون من الأراجونيت.

الكبريت (Sulfur): الكبريت مصطلح عربي، مأخوذ من كلمة كبريتو الأكادية، عن طريق اللفظ الآرامي "كوابهرينا"، أما المصطلح الإنجليزي فمأخوذ من اللاتينية *sulfur*. الكبريت هو عنصر كيميائي لافلزي رمزه الكيميائي S، وعدده الذري (١٦)، ولون الكبريت أصفر (شكل ١٧-٥). يحترق بلهب أزرق، ويتصاعد منه ثاني أكسيد الكبريت، وينصهر بسهولة عند درجة حرارة ١١٢.٧ درجة مئوية، ودرجة الغليان = ٤٤٤.٦٧ درجة مئوية، ووزنه النوعي = ٢.٠٧، وتتراوح صلادة الكبريت من ١.٥ إلى ٢.٥، ومخدشه أصفر اللون إلى أبيض، والمعدن هش، ويكسر بسهولة، والمكسر محاري، أو غير مستوي.

يوجد الكبريت في الطبيعة بشكل خام، ويدخل في صناعة البارود، وعيدان الثقاب. كما يستخدم الكبريت في كثير من الصناعات الكيميائية، ومن أهم المنتجات حامض الكبريتيك. كما يستخدم في الزراعة لمعادلة قلوية التربة. كما يستعمل كعازل حراري وكهربائي. كما يدخل الكبريت في صناعة الأدوية كواحد من المكونات، حيث يستخدم لعلاج بعض الأمراض، ومنها الأمراض الجلدية، فيتم التداوي بالمياه الكبريتية من العيون الكبريتية الطبيعية، كما يستخدم زهر الكبريت في علاج اضطرابات الهضم.

الماس (Diamond): يرجع الاسم إلى الكلمة اليونانية "أداماس" والتي تعني "الشيء الذي لا يقهر، أو لا يغلب" إيماءً إلى صلابته. الماس هو أحد الأحجار الكريمة، والتي توجد على شكل مكعب في أغلب الأحيان، وأحياناً يكون على شكل ثُماني الأوجه. يتكون بنسبة كبيرة من الكربون، أو ما يعرف بالفحم، وذلك تحت ضغط وحرارة شديدين (درجة الحرارة = ٦٩٠° فهرنهيت/ سنتيمتر، الضغط = ٧٠.٠٠٠ كجم٢)، ولا تتوافر درجة الحرارة هذه والضغط إلا في أعماق كبيرة تحت سطح الأرض (حوالي ١٩٢كم). هناك تشابه كبير بين الماس والجرافيت، حيث يتكون كل منهما من نفس التركيب الكيميائي (الكربون)، ولكن تختلف عن بعضها بشكل كبير في التركيب الذري. الماس معدن عديم اللون (شكل ١٧-٦)، أو أبيض أو أصفر باهت، أو بني، وأقل شيوعًا البرتقالي، والأخضر، والأزرق، والأحمر، والأسود (نتيجة احتوائه على نسبة من الجرافيت)، ونادرا ما يكون أزرق اللون. الصلادة = ١٠، أعلى صلادة بين المعادن في مقياس موهس للصلادة، المخدش أبيض. المعدن صلب ومكسره محاري. يستخدم الماس في صناعة الحلي وذلك لما يتمتع به من صلابة عالية، وتفرق ضوئي قوي. كما يستخدم في مجالات صناعية أخرى مثل



شكل ١٧-٦. بلورة ثمانية الأوجه من معدن الماس.

استخدام الماس على رأس مثاقيب التنقيب لآبار البترول، وذلك لقوته الشديدة، وهو يعتبر أقوى من الحديد. وتستخدم الأنواع الرخيصة منه في صناعة الأدوات المستخدمة في قطع الزجاج، والنقش، وفي صناعة أدوات الجراحة وغيرها.

الجرافيت (Graphite): سمي الجرافيت عن الكلمة اليونانية "*Graphein*" والتي تعني "يكتب" لوجود هذه الخاصية به، وقد أطلق الجيولوجي الألماني أبراهام فيرنر هذا الاسم عليه سنة ١٧٨٩م. الجرافيت معدن ناعم الملمس، أسود اللون (شكل ١٧-٧)، وهو شكل من أشكال عنصر الكربون الكيميائي. البريق فلزي لامع، وأحيانًا شبه فلزي، أو مطفي، أو ترابي، والصلادة = ١-٢. ينتشر خام الجرافيت الطبيعي على نطاق واسع في جميع أنحاء العالم. والدول الرئيسة المنتجة للجرافيت الطبيعي وفقًا لترتيب الأهمية هي: الصين، وكوريا الجنوبية، والمكسيك، والنمسا. ويمكن تصنيع الجرافيت من فحم الكوك بتسخينه في أفران



شكل ١٧-٧. جرافيت أسود اللون.
gwydir.demon.co.uk/jo/minerals/graphite.htm

كهربائية. يستخدم الجرافيت في صناعة أقلام الرصاص. كما يستخدم في صناعة الأقطاب الكهربائية، حيث إنه موصل جيد للكهرباء وفي صناعة أوعية صهر الفلزات، وذلك لما يتمتع به من توصيل جيد للحرارة، وعدم تفاعله مع العناصر الكيميائية الأخرى، إلا في درجات حرارة عالية جدًا. كما أنه يستخدم في بعض المفاعلات النووية، وفي صناعة فرامل السيارات، وكمادة للتزييت والتشحيم.

مواد البناء (Building Materials)

تصنف مواد البناء حسب استعمالاتها إلى: أحجار البناء، والخلط والتي تشمل الرمل والحصى، والمواد الصناعية الأخرى.

أحجار البناء (Building Stones): عبارة عن قطع كبيرة من أنواع مختلفة من الصخور، مثل الحجر الجيري، الذي استخدم في بناء الأهرامات بمصر، والحرم الإبراهيمي بالخليل، والمسرح الروماني في عمان، وفي البيوت القديمة بالعديد من المدن، وصخور الجرانيت التي تستعمل في واجهات المنازل، والمطابخ، والأرضيات، وأيضًا صخور البازلت مثل أبنية أم قيس بشمال الأردن.

الخلط (Aggregates): مثل الرمال والحصى، اللذان يستخدمان في صناعة الخلطة الأسمنتية للبنيات الخرسانية.

المواد الصناعية (Artificial Materials): مثل الأسمنت، والطوب الحراري، والسيراميك، والزجاج. تساهم العديد من الموارد المعدنية في صناعة تلك المواد، مثل الحجر الجيري، والجبس، والأنهيدريت، والرمل النقي.

موارد الطاقة (Energy Resources)

موارد الطاقة المتجددة (Renewable Energy Resources)

سميت بعض مصادر الطاقة بالطاقة المتجددة، لأنها موجودة على كوكبنا باستمرار، ولأنها لا تتغير مع مرور الزمن ولا تتناقص، ويمكن أن تكون متوفرة بكميات هائلة، أو بكميات محدودة، ولكنها تتجدد باستمرار. تلعب الطاقة المتجددة دورًا مهمًا كمصدر من مصادر الطاقة التي يعتمد عليها العالم، وإنه لمن المتوقع أن تشغل حوالي ١٥٪ بحلول عام ٢٠٢٠م، من مجموع مصادر الطاقة. تساهم الطاقة المتجددة في تطبيقات مهمة، مثل توليد الكهرباء وإنتاج مياه الشرب، والري .. إلخ، تتمتع منطقة الشرق الأوسط (بما فيها السعودية ومصر) بموقع جغرافي متميز يشمل مناطق ساحلية، وصحراوية وجبلية، مما يتيح الفرصة للاستفادة من الكميات الهائلة من الإشعاع الشمسي، وسرعة الرياح المناسبة لتوليد الكهرباء، وإنتاج مياه الشرب، والري بالمناطق النائية، أو الصحراوية أو الريفية، حيث تتمتع نظم الطاقة المتجددة عامة، بصفة اللامركزية، حيث يمكن تركيبها في المناطق البعيدة النائية. تفيد الدراسات الاقتصادية بجدوى استغلال طاقة الرياح في توليد الكهرباء، في مناطق تتمتع بسرعات رياح مناسبة، كالمناطق الساحلية، أو المناطق الجبلية، وشبه النفقية، التي تساعد على تشكل مرتفعات هوائية مرتفعة، ونظرًا لكون أكثر من ٦٠٪ من سكان العالم يعيشون في مدن صغيرة، ومناطق نائية، تعاني بعض النقص في الطاقة، ولصعوبة نقل الوقود إليها أحيانًا مما يؤدي إلى إقامة وحدات صغيرة لتوليد الكهرباء، لأجل ضخ المياه وتحليتها. كما تؤكد بعض الدراسات أن هنالك كمًا ضخمًا استراتيجيًا من خزانات المياه الجوفية (العذبة وشبه المالحة) المنتشرة في العالم، ومن ضمنها منطقة الجزيرة العربية، ومصر، والسودان التي لم

تستغل بعد، حيث يمكن لنظم طاقة الرياح أن تقوم بدور حيوي في ضخ المياه من هذه الخزانات الطبيعية، ومن ثم تحليتها. إن الاختيار الأمثل لنظم طاقة الرياح، يتحدد بالطراز، والتصميم، وتوافر مصدر الرياح والكفاءة الاقتصادية (المصدر Solar Energy:www.ises.org).

من مميزات الطاقات المتجددة

١) متوفرة في معظم دول العالم.

٢) مصدر محلي يتلاءم مع واقع تنمية المناطق النائية والريفية واحتياجاتها.

٣) نظيفة ولا تلوث البيئة، وتحافظ على الصحة العامة.

٤) ضمان استمرار توافرها وبسعر مناسب منتظم.

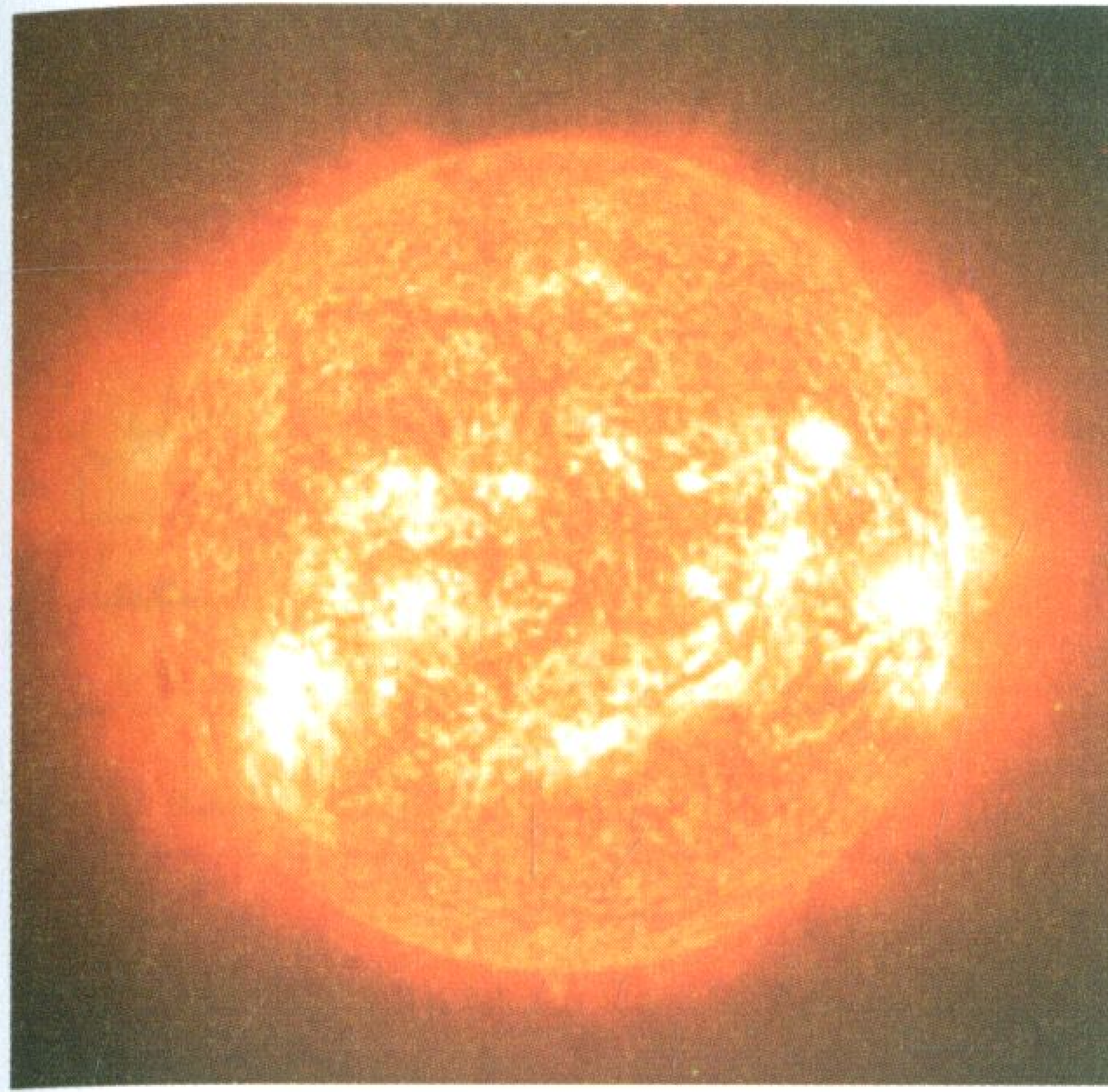
٥) لا تحدث أي ضوضاء، أو تترك أي مخلفات ضارة تسبب تلوث البيئة.

٦) تحقق تطورًا بيئيًا واجتماعيًا، وصناعيًا، وزراعيًا.

من أمثلة موارد الطاقة المتجددة، والتي سنستعرضها في الفقرات التالية: الطاقة الشمسية، وطاقة الرياح، والطاقة الحرارية المنبعثة من باطن الأرض.

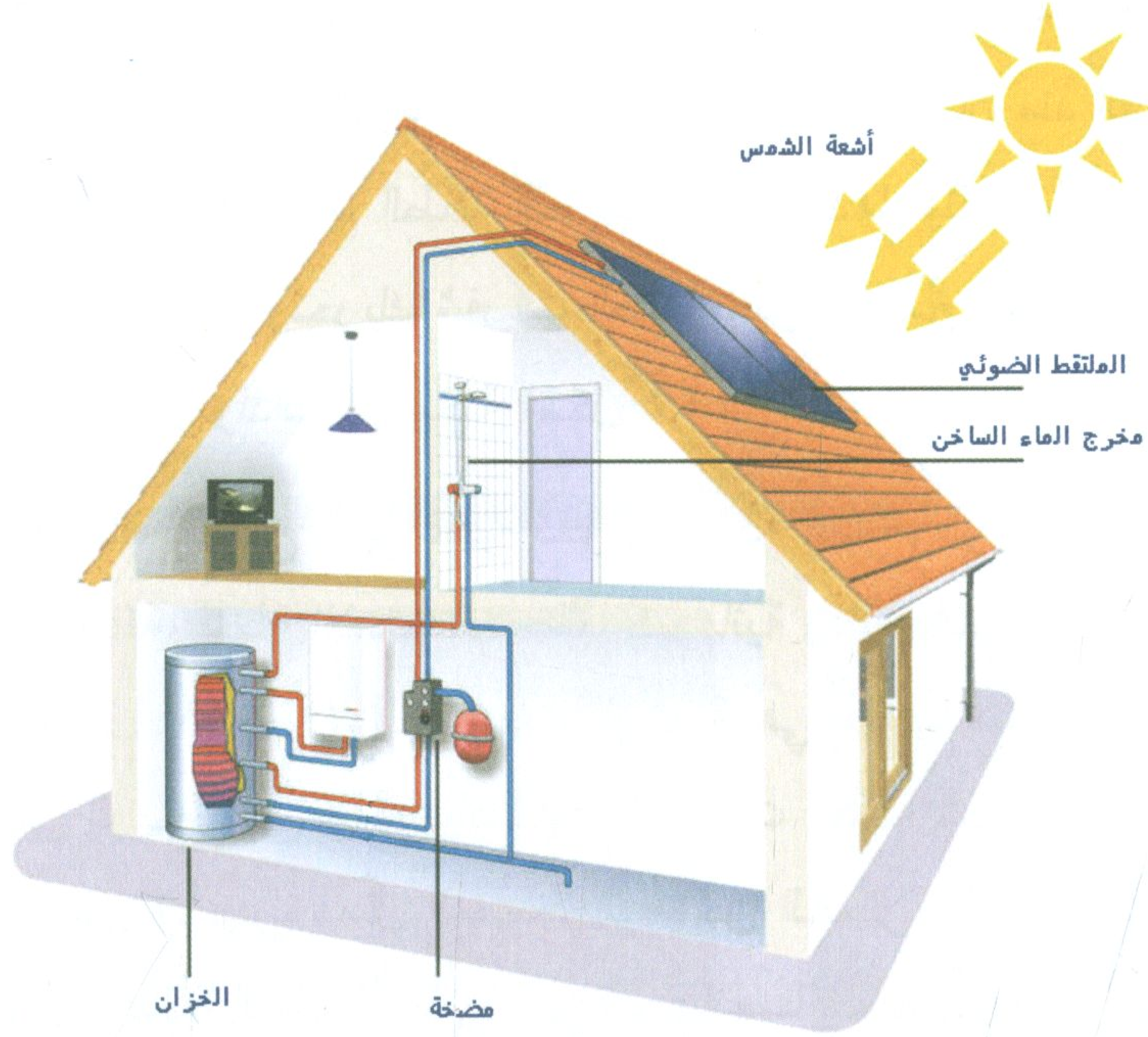
الطاقة الشمسية (Solar Energy)

إن الشمس هي أساس الحياة الإنسانية، والحيوانية، والنباتية، إذ ترسل كل يوم إلى الأرض، وإلى مختلف الكواكب كميات مهمة من الطاقة، والحرارة اللتان تمثلان مصدر جميع إمكانيات التطور، والبقاء لجميع الكائنات الحية (شكل١٧-٨).



شكل ١٧-٨. الطاقة الهائلة المنطلقة من الشمس.

تعتبر الطاقة الشمسية من أهم مصادر الطاقة المتجددة على كوكب الأرض، وذلك بتسخين جو السهول واليابسة، وتولد الرياح، وتصريفها، وتدفع دورة تدوير المياه، وتدفيء المحيطات، وتساعد على نمو النباتات، وإطعام الحيوانات. تشير الطاقة الشمسية الحرارية إلى فكرة جمع الطاقة الشمسية لأغراض عملية، تتنوع من التسخين الشمسي، وإلى توليد الطاقة الكهربائية. تستخدم مجمعات حرارة الشمس، كألواح السخان الشمسي، بكثرة لتسخين الماء للاستخدام المنزلي، والصناعي الخفيف. تستخدم الطاقة الشمسية الحرارية في العمارة وتصميم المباني للتحكم في الحرارة والتهوية. يمكن تحويل الطاقة الشمسية إلى طاقة كهربائية وطاقة حرارية، من خلال آليتي التحويل الكهروضوئية، والتحويل الحراري للطاقة الشمسية، ويقصد بالتحويل الكهروضوئي تحويل الإشعاع الشمسي أو الضوئي مباشرة، إلى طاقة كهربائية بواسطة الخلايا الشمسية (الكهروضوئية) (شكل ١٧-٩)، وكما هو معلوم هناك بعض المواد التي تقوم بعملية التحويل الكهروضوئي تدعى أشباه الموصلات كالسيليكون، والجرمانيوم، وغيرها. وقد تم اكتشاف هذه الظاهرة من قبل بعض علماء الفيزياء في أواخر القرن التاسع عشر الميلادي، حيث وجدوا أن الضوء يستطيع تحرير الإلكترونات من بعض المعادن، كما عرفوا أن الضوء الأزرق له قدرة أكبر من الضوء الأصفر، على تحرير الإلكترونات وهكذا. وقد نال العالم آينشتاين جائزة نوبل في عام ١٩٢١م لاستطاعته تفسير هذه الظاهرة.



شكل ١٧-٩. نموذج لتحويل الطاقة الشمسية إلى كهربائية بالمنازل.

تمتاز الطاقة الشمسية بما يلي:

١) إن التقنية المستعملة فيها تبقى بسيطة نسبيًا، وغير معقدة، بالمقارنة مع التقنية المستخدمة في مصادر الطاقة الأخرى.

٢) توفير عامل الأمان البيئي، حيث إن الطاقة الشمسية هي طاقة نظيفة لا تلوث الجو، ولا تترك فضلات، مما يكسبها وضعًا خاصًا في هذا المجال، وخاصة في القرن القادم.

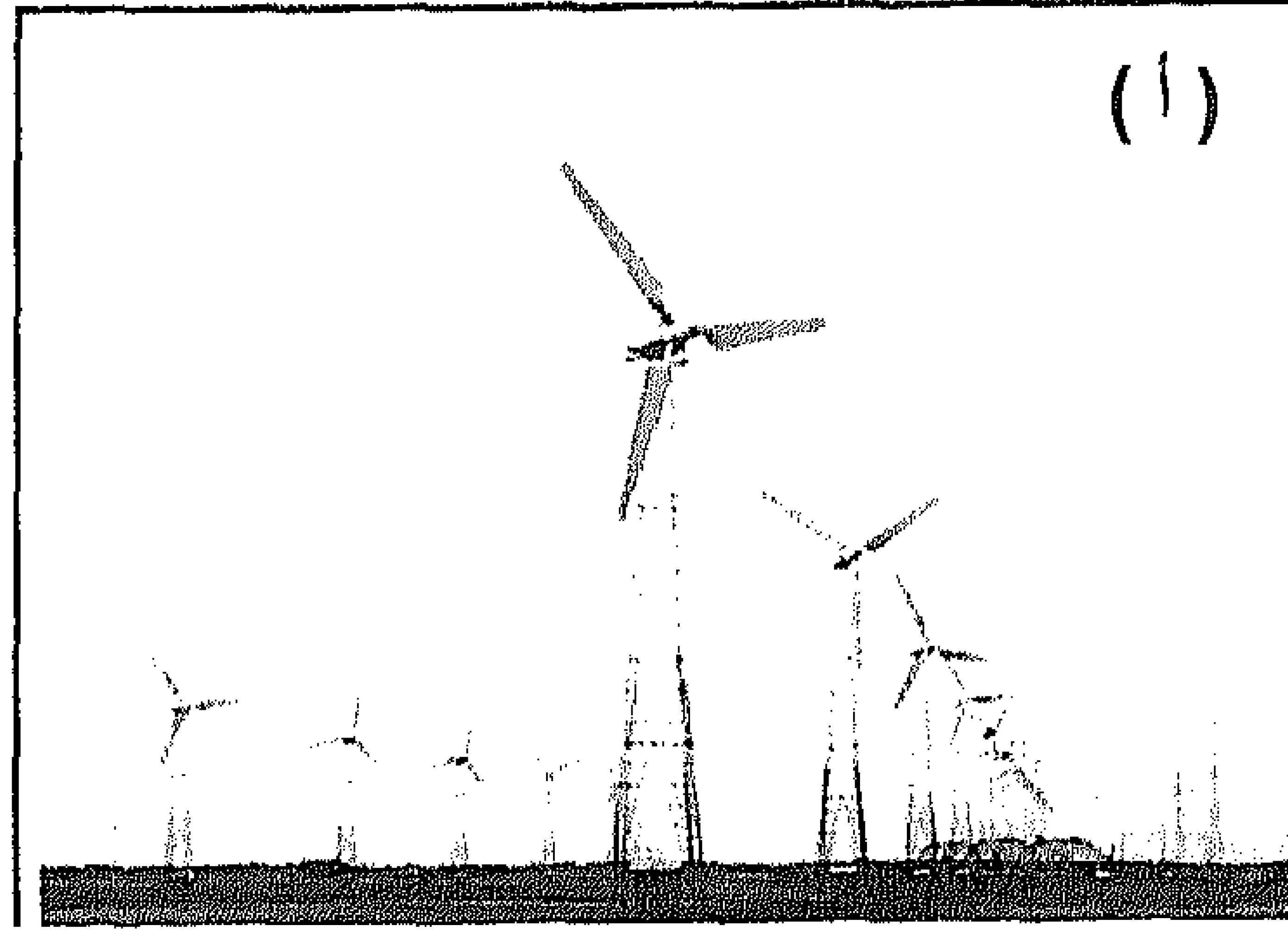
طاقة الرياح (Wind Energy)

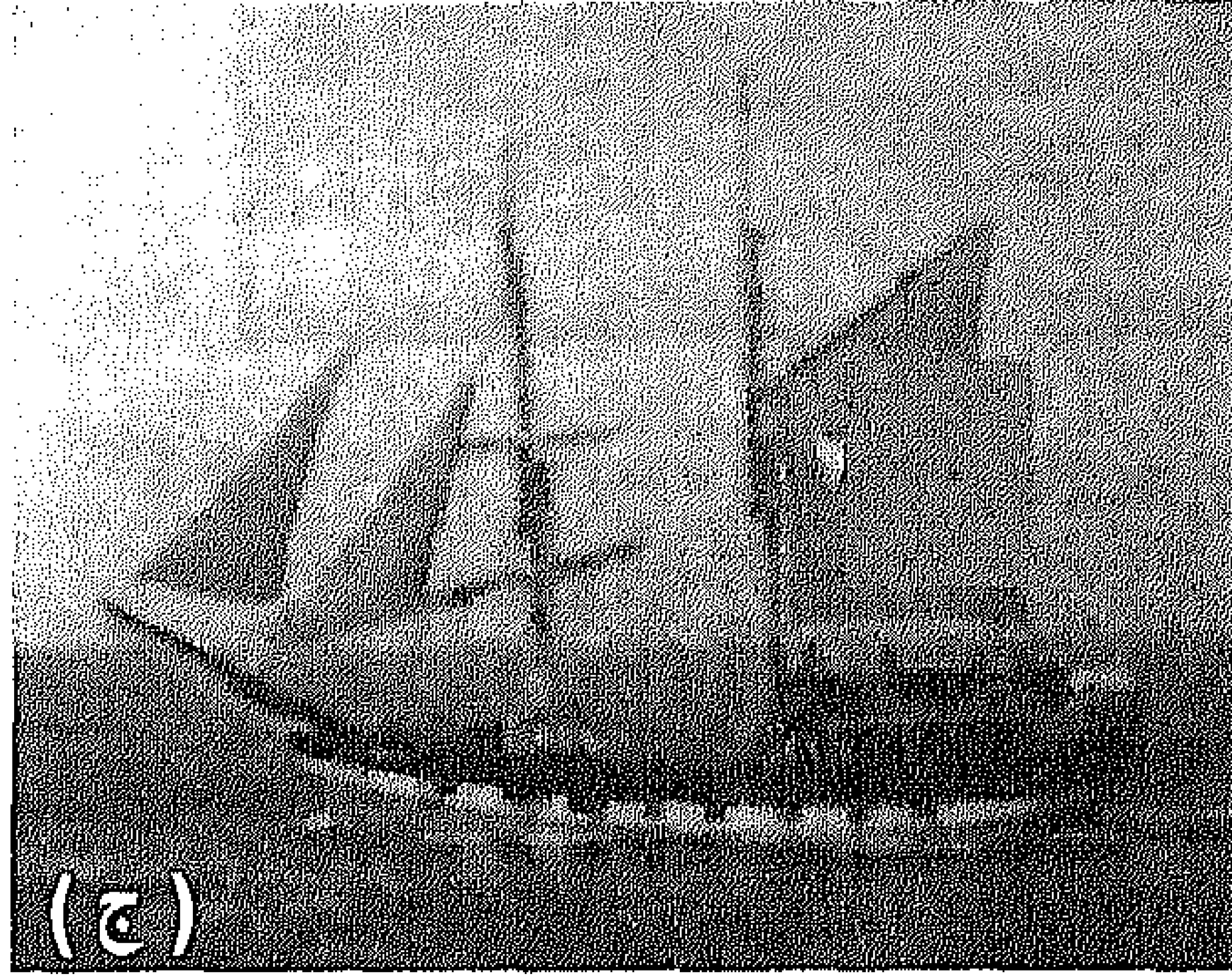
إن طاقة الرياح تلعب دورًا مهمًا في بعض المناطق النائية، والتي يصعب إيصال التيار الكهربائي لها بواسطة شبكة الكهرباء الوطنية في تلك الدول، وقد

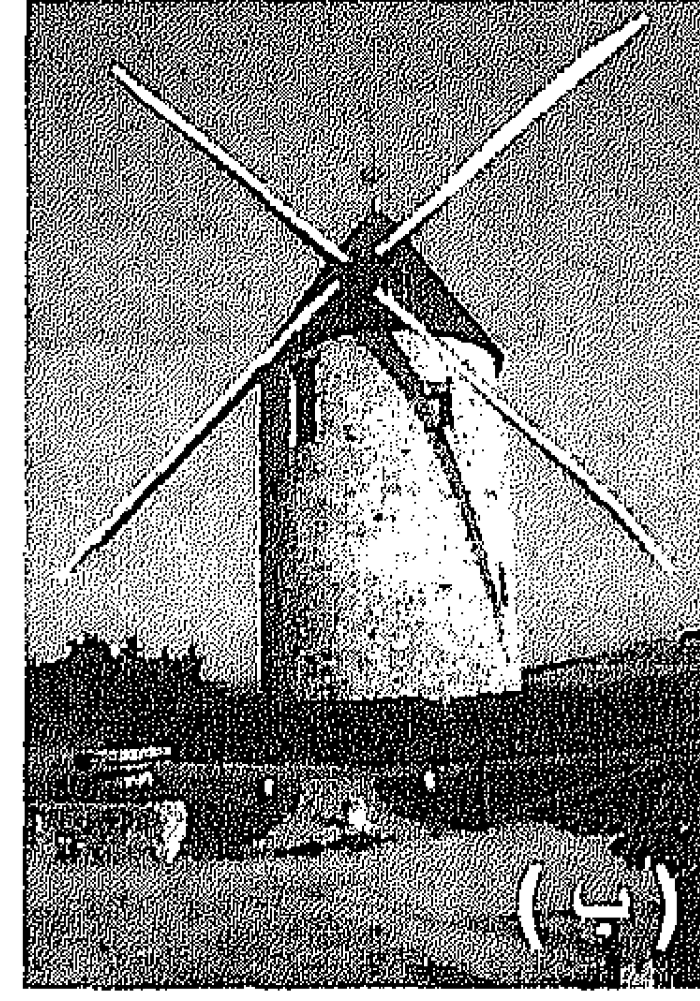
وضعت كثير من دول العالم خططًا طموحة لاستخدام هذا المصدر من الطاقة وتقليل كلفة إنتاج الطاقة الكهربائية من الرياح. استغل الإنسان منذ القدم اتجاهات الرياح، وتمكن من استخدام الطاقة الحركية التي تولدها: مثل تسيير المراكب، والطائرات الشراعية، وتحريك شفرات الطواحين لضخ المياه، أو لطحن الحبوب، وتحريك مولدات كهربائية (شكل ١٧-١٠).

تعرّف طاقة الرياح بأنها عملية تحويل حركة (طاقة) الرياح، إلى شكل آخر من أشكال الطاقة، سهلة الاستخدام، غالبًا كهربائية وذلك باستخدام مروحيات، أو توربينات (شكل ١٧-١٠). التوربينات الريحية هي ماكينات تحول الطاقة الحركية من الرياح، إلى طاقة ميكانيكية. إذا كانت الطاقة الميكانيكية تستخدم مباشرة من قبل الأجهزة، مثل المضخة أو طحن الحجارة، فإنها تسمى طاحونة. إذا تم تحويل الطاقة الميكانيكية إلى كهرباء، فإنها تسمى مولد الرياح، أو التوربينات الريحية. تستخدم التوربينات الريحية في تدوير مراوح كبيرة، وعالية لتوليد الطاقة الكهربائية (شكل ١٧-١١). هناك مدن صغيرة في الولايات المتحدة، وأوروبا تستمد الطاقة الكهربائية اللازمة للاستهلاك اليومي من محطة توليد كهرباء تعمل بالرياح يبلغ طول شفرة مروحتها ٢٥ مترًا. وفي لبنان، تقوم هذه المراوح على رفع المياه من الشاطئ الشمالي للبحر إلى الملاحات لإنتاج الملح.

تعتبر الرياح مصدرًا مثاليًا للطاقة، فهي لا تنضب، ولا تخلف أي غازات ضارة، أو نفايات خطيرة تلوث البيئة وتهدم التوازن الأيكولوجي لكوكب الأرض. يتجه العالم الآن بعد ظاهرة الاحتباس الحراري فضلا عن التلوث، لاعتماد مصادر الطاقة المتجددة، كمصادر طاقة بديلة، وللتخفيف من استخدام الوقود الأحفوري. ولهذه الأسباب يسعى التقدم التكنولوجي إلى خفض تكلفة الطاقة المتجددة لتوسيع انتشارها.

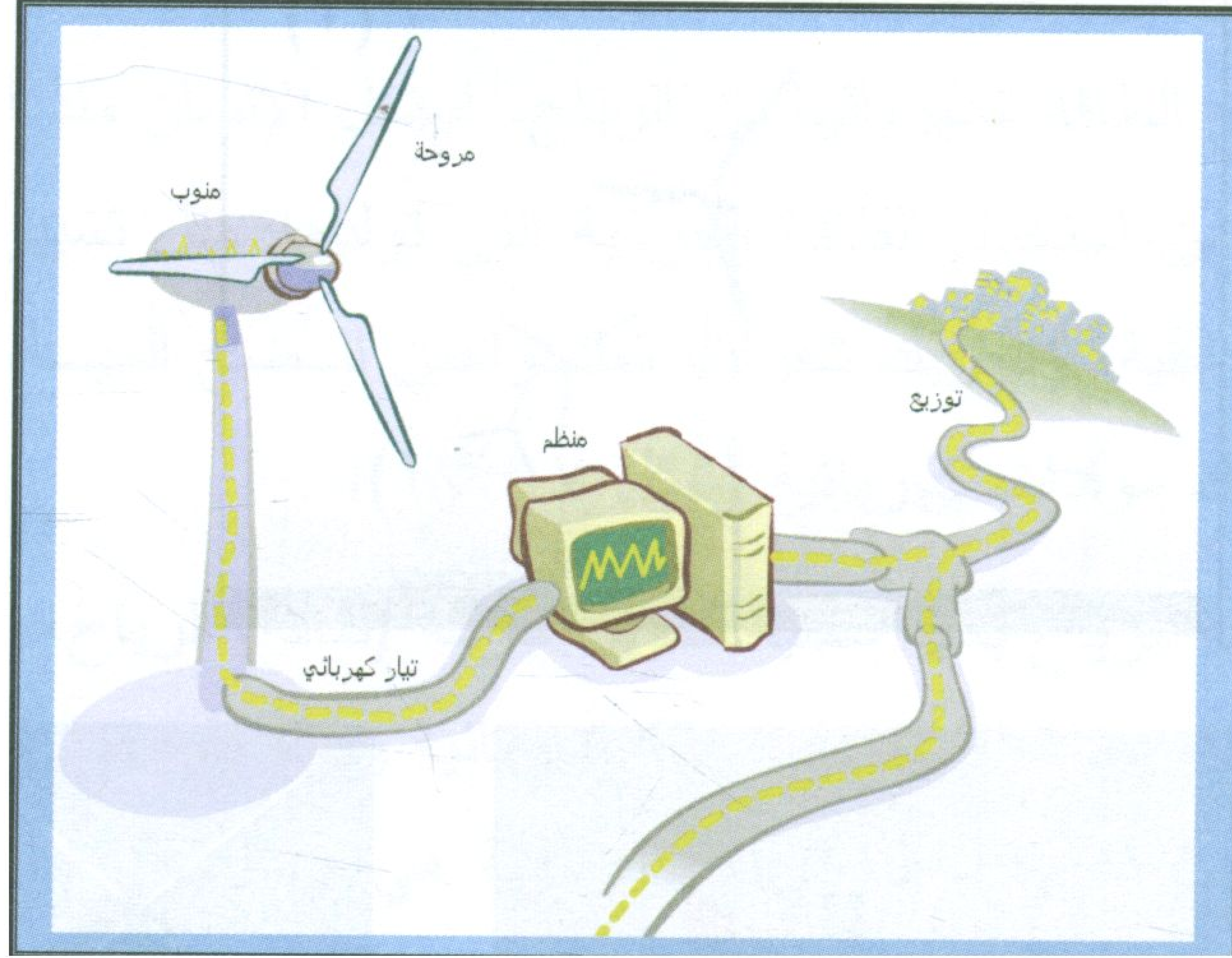






شكل ١٧-١٠. استخدامات طاقة الرياح: (أ) إنتاج الكهرباء (المجال الصناعي)، (ب) المطاحن الهوائية (المجال الريفي)، المراكب الشراعية (وسيلة نقل).

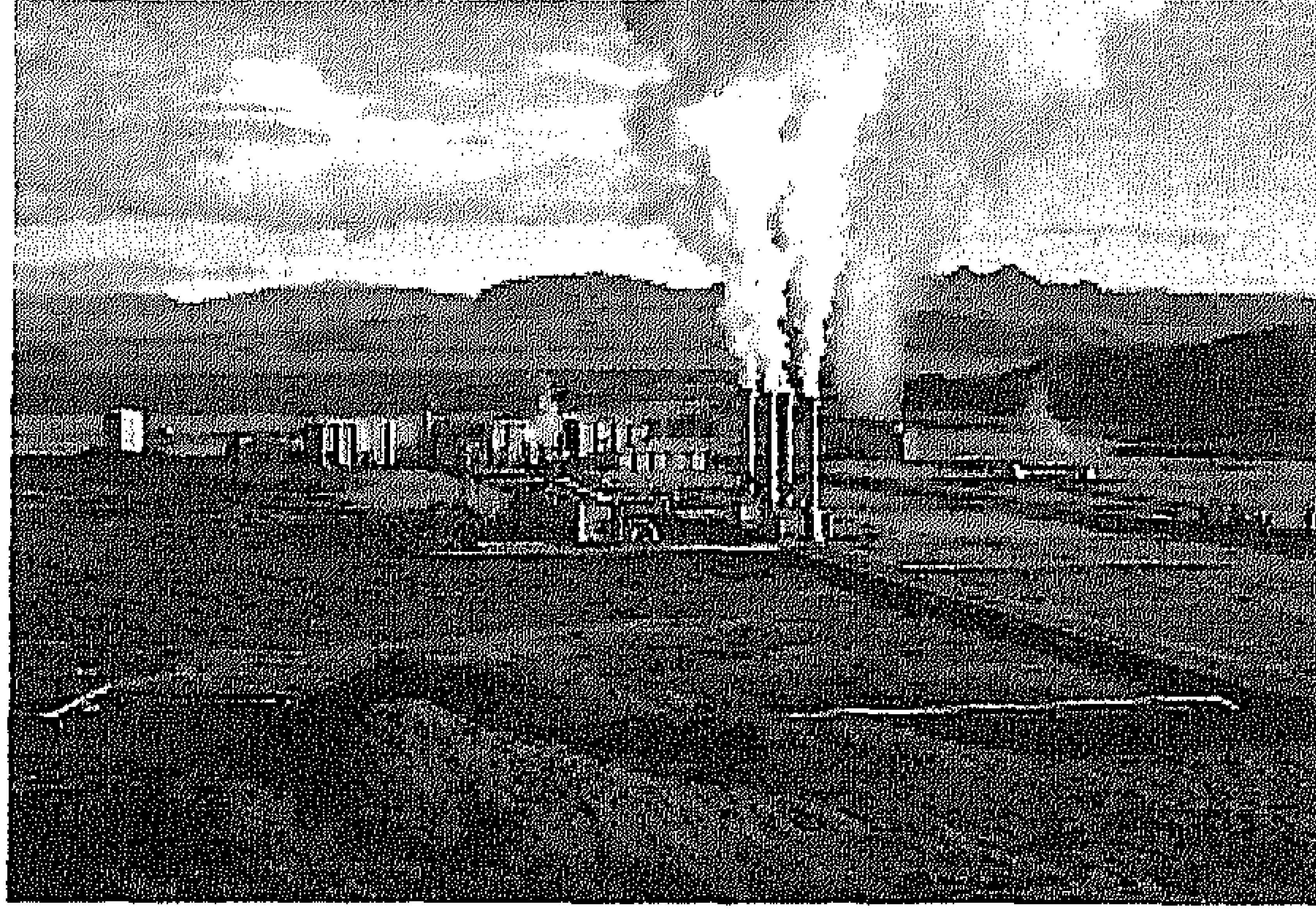
على الجانب الآخر، فقد لا يمكن الاعتماد على الرياح بصفة مستديمة، يرجع ذلك إلى تغير سرعة الريح، وما يترتب عليها من مشكلة تذبذب الطاقة الناتجة عنها. وللتغلب على هذه المشكلة، فإنه لابد من توفير نظام لحفظ الطاقة، إما باستعمال بطارية تمكن من تخزين الطاقة الكهربائية المتحصل عليها، أو توفير مصدر بديل عندما تضعف الرياح.



شكل ١٧-١١. نموذج لمحطة تحويل الطاقة الريحية إلى كهربائية.

الطاقة الحرارية الأرضية (Geothermal Power)

هي مصدر طاقة بديل نظيف ومتجدد، وهي طاقة حرارية مرتفعة، ذات منشأ طبيعي، مختزنة في باطن الأرض. حيث يقدر أن أكثر من ٩٩٪ من كتلة الكرة الأرضية، عبارة عن صخور تتجاوز حرارتها ١٠٠٠ درجة مئوية. ويستفاد من هذه الطاقة الحرارية بشكل أساسي في توليد الكهرباء. وفي بعض الأحيان تستخدم للتدفئة، عندما تكون الحرارة قريبة من سطح الأرض، أو على صورة ينابيع حارة. هذه الطاقة المتجددة نظريًا، يمكن أن تكفي لتغطية حاجة العالم من الطاقة لمدة ١٠٠٠٠٠ سنة قادمة، إلا أن تحويلها إلى طاقة كهربية (شكل ١٧-١٢) هي عملية باهظة التكاليف، وذلك رغم أن الطاقة الأساسية (المادة الأولية) مجانية، وهي متوفرة بكثرة، لكن يصعب الحصول عليها (المصدر: هيئة الطاقة الأمريكية، ٢٠٠٨م).



شكل ١٧-١٢. إحدى محطات توليد الطاقة الكهربائية باستخدام الطاقة الحرارية الأرضية في أيسلاندا.

تقسم مصادر الحصول على الطاقة الحرارية الأرضية إلى قسمين: المياه الحارة الجوفية، والصخور الحارة التي توجد في المناطق النشطة بركانيًا، أو في الأعماق البعيدة تحت سطح الأرض، ويمكن الاستفادة من المياه الجوفية الحارة، والصخور الحارة، في توليد الطاقة الكهربائية، وتسخين المياه التي تستخدم في التدفئة، بالإضافة إلى استعمالها في الكثير من ميادين الصناعة والزراعة الأخرى.

ومن أهم إيجابيات هذه الطاقة

- كونها طاقة متجددة، فهي من مصادر الطاقة التي لا تنفذ، على الأقل للأجيال القادمة.
- كونها طاقة نظيفة غير مضرة بالبيئة، ولا تسبب أي تلوث سواء في استخراجها، أو في تحويلها، أو استعمالها.
- توفرها بكميات كبيرة جدًا، وفي مساحات شاسعة، ولأغلب بلدان العالم.

- قلة تكاليف إنتاج الطاقة بعد التكاليف الأولية لإنتاج المحطة (والتي يمكن أن تكون باهظة).
- المردود العالي للطاقة المستخرجة.

رغم كل مميزات الطاقة الحرارية الأرضية، والتي جعلتها في طليعة مصادر الطاقة البديلة المستقبلية، إلا أن هناك بعض العوامل التي تُصعّب انتشارها على الأقل في وقتنا الحالي. ومن أهم هذه الأسباب، ارتفاع تكلفة إقامة محطات توليد الكهرباء باستخدام الطاقة الحرارية الأرضية. ويرجع السبب في ذلك إلى صعوبة حفر آبار بأعماق سحيقة، ووسط درجات حرارة مرتفعة جدًا.

موارد الطاقة غير المتجددة (Non-Renewable Energy Resources)

إن مصادر الطاقة غير المتجددة متوفرة في الطبيعة بكميات محدودة كالبترول، والفحم، والغاز الطبيعي، واليورانيوم (الطاقة النووية). وتسد هذه المصادر حاجيات الإنسان بنسبة كبيرة، تصل إلى حوالي ٩٧.٧٪ من حاجيات سكان الأرض.

البترول (Petroleum)

يعتبر البترول من أهم مصادر الطاقة الموجودة في الطبيعة (شكل ١٧-١٣). وهو عبارة عن سائل زيتي أسود اللون، لزج، كريه الرائحة، يتكون من اتحاد عنصرين رئيسن هما: غاز الهيدروجين، ومادة الكربون الصلبة، ومن المعتقد أن النفط عبارة عن بقايا كائنات عضوية، تحللت بفعل الضغط والحرارة، فتحول إلى هذه المادة السائلة، التي تعرف بالنفط. توجد مصائد النفط في الغالب في طبقات الصخور الرسوبية، وهذه المصائد عبارة عن طبقات مسامية ذات فراغات كبيرة، ناتجة عن حركات تكتونية بقشرة الأرض، تسمح بتجمع النفط

بها، وهذه الطبقات المسامية محاطة من أعلى ومن أسفل بطبقتين غير مساميتين، تمنعان انتشار السائل في الطبقات الأخرى.



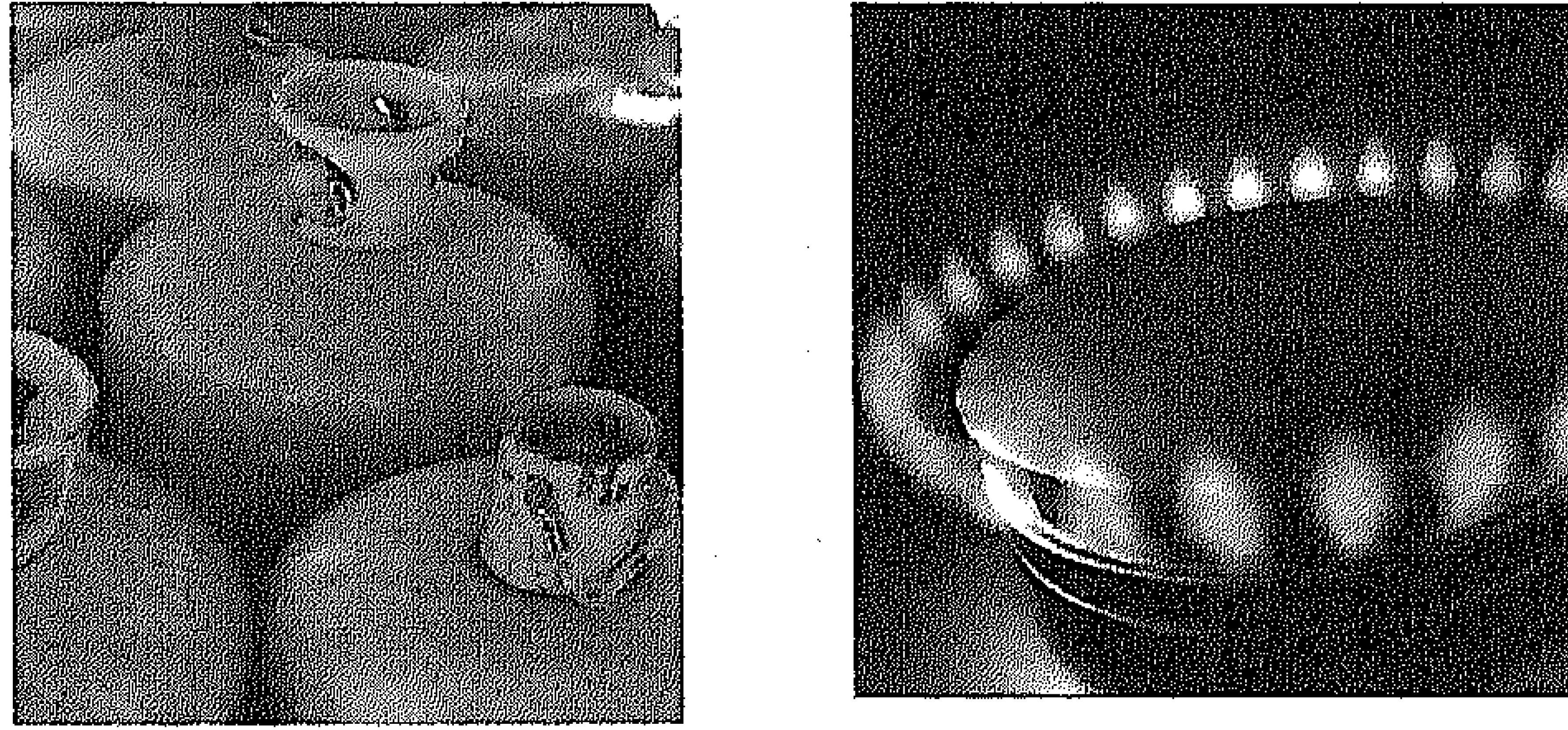
شكل ١٧-١٣. صورة لمحطة إنتاج بترول.

الفحم (Coal)

هو عبارة عن بقايا نباتية، دفنت في باطن الأرض، وتعرضت للضغط والحرارة، وبمرور الوقت تصلبت وتحولت إلى ما يعرف بالفحم. الفحم كان معروفًا منذ القدم، واستخدمه الإنسان في بعض الأغراض المنزلية والصناعات البسيطة. وظل قليل الأهمية حتى القرن الثامن عشر الميلادي، حيث استطاع الإنسان استخلاص فحم الكوك منه، واستخدامه في صناعة الحديد سنة ١٧٠٨م. ثم تم اكتشاف قوة البخار سنة ١٧٦٩م، والذي أدى إلى زيادة الطلب على منتجاته. وعلى الرغم من توسع الإنسان في استخدام البترول، ومصادر الطاقة الأخرى، إلا أن الفحم مازال محتفظًا بأهميته في كثير من مناطق العالم، خاصة في مناطق صناعة الحديد والصلب، مثل أوروبا، والولايات المتحدة.

الغاز الطبيعي (Natural Gas)

يتكون تقريبا بنفس الطريقة التي يتكون بها البترول، ويوجد بين طبقات الصخور العميقة في باطن الأرض. يستخدم الغاز الطبيعي كوقود بالمنازل (شكل ١٧-١٤) وأيضًا للسيارات.

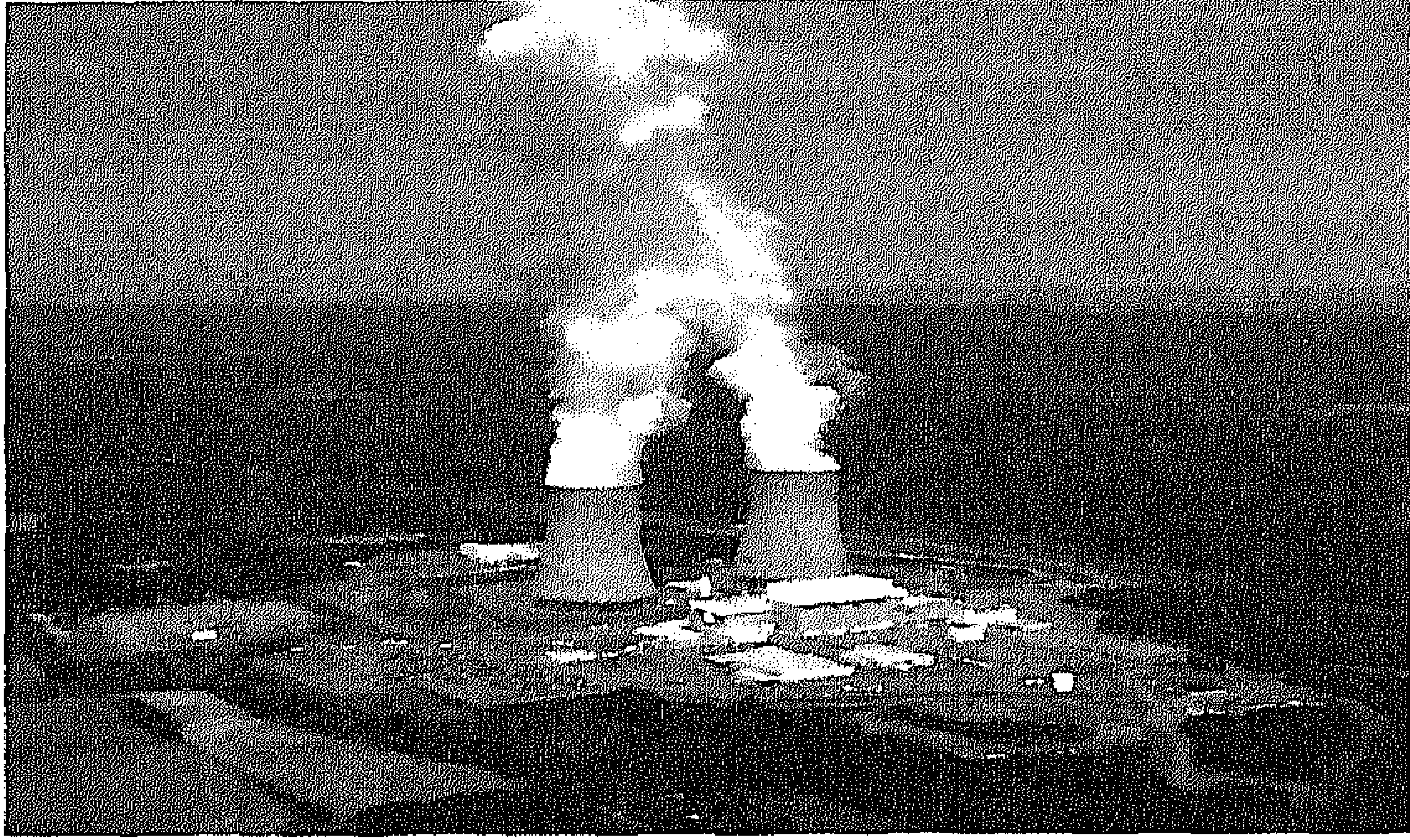


شكل ١٧-١٤. استخدامات الغاز

الطاقة النووية (Nuclear Energy)

توصل العلماء خلال الخمسين سنة الأخيرة إلى تحرير هذه الطاقة من بعض العناصر، مثل اليورانيوم، والبلوتونيوم. محطات التوليد النووية هي نوع من محطات التوليد الحرارية، لأنها تعمل بنفس المبدأ، وهو توليد البخار بالحرارة، وبالتالي يعمل البخار على تدوير التوربينات، التي بدورها تدّور الجزء الدوار من المولد الكهربائي، وتتولد الطاقة الكهربائية على أطراف الجزء الثابت من هذا المولد. تنشطر ذرات اليورانيوم، وينتج عن هذا الانشطار نيترونات، يمكن لهذه النيوترونات أن تضرب ذرات يورانيوم أخرى، مشكلاً سلسلة من ردود الفعل تنتج عنها حرارة. وتستخدم الحرارة في تحويل الماء إلى بخار، وهذا بدوره يدير التوربينات التي تولد الكهرباء (شكل ١٧-١٥). الطاقة النووية المستخدمة لتوليد الكهرباء تقوم بتوليد ١٥٪ من مجموع الكهرباء في العالم، في عام ٢٠٠٥م. أن أول محطة توليد حرارية نووية في العالم نفذت في عام ١٩٥٤م، وكانت في الاتحاد السوفيتي بطاقة ٥ ميجا واط. محطات التوليد

النووية غير مستعملة في البلاد العربية حتى الآن. ولكن محطات التوليد الحرارية البخارية مستعملة بصورة كثيفة على البحر الأحمر، والبحر الأبيض المتوسط، والخليج العربي في توليد الكهرباء ولتحلية المياه المالحة.



شكل ١٧-١٥. محطة نووية لتوليد الطاقة الكهربائية.

أمثلة لبعض الموارد الجيولوجية بالمملكة العربية السعودية

(Examples of Geologic Resources in Saudi Arabia)

بالإضافة إلى البترول والغاز الطبيعي اللذان يمثلان أهم الموارد الجيولوجية بالمملكة، فإن المملكة تحظى أيضًا بالكثير من الموارد المعدنية التي يستغل بعضها، والبعض الآخر في طريقة للاستغلال (المصدر: الشنطي ١٩٩٥م، والقاضي ٢٠٠٦م، وموقع المساحة الجيولوجية السعودية على شبكة المعلومات)، ومن هذه الموارد:

الذهب (Gold): يوجد الذهب بالعديد من الأماكن بالمملكة، من أهمها مهد الذهب، والأمار والصخيبرات، وبُلغة، والحجار، والشختليات، والسوق، وحمضة، وماوان، وغيرها.

الفضة (Silver): توجد في هيئة تمعدنات محدودة في مناطق الدوادمي، وحجلان، ومرجان، وأم حديد، وجنوب شرق وادي الغوال، وتوجد مصاحبة لتمعدنات الذهب في الحجار، والمصانع، ومهد الذهب، والنقرة، والصخيبرات.

النحاس (Cupper): يوجد في عدة أماكن منها جبل صايد، وكتام، والمصانع بالقرب من نجران، وحلاحلة، وجبل سمران، والنقرة.

البلاتين (Platinum): يوجد في الشمال الغربي من الدرع العربي بمناطق وادي كمال، وجبل الغرابة، ووادي العويند، وجبل الوسق.

الكبريت (Sulfur): يوجد على شاطئ البحر الأحمر بالمملكة العربية السعودية بصخور العصر الثلاثي بالقرب من مدينة ينبع، ويوجد في رواسب الجبس والأنهيدريت، في قريات الملح، على الحدود الشمالية للمملكة، وكذلك في منطقتي الرشراشية، وركا.

الإليمينيت (Ilmenite): يوجد في مناطق وادي كمال مع المحقونات المافية وفوق المافية، وفي منطقة بير نبط، في قواطع البيروكسينيت، والأمفيبوليت، والجابرو.

الكروميت (Chromite): يوجد مصاحبًا لتتابعات الأفيوليت في مناطق العيس، والمصينعة، والشيزم، ومنطقة جبل تيس، ومغيرة.

الجوتيت (Goethite): يوجد من ضمن مكونات الحديد البطروخي بوادي فاطمة بالمملكة العربية السعودية.

البوكسيت اللاتريتي (Latiritic bauxite): يوجد بمنطقة الزبيرة بالمملكة العربية السعودية، حيث يكون مصاحبًا للجيبسيت والبوهميت.

الباريت (Barite): يوجد في حوالي ٦٨ موقعًا بالمملكة العربية السعودية، حيث يوجد غالبًا في هيئة عروق، أو مالئ للتشققات، أو كعدسات مصاحبًا للنحاس، والرصاص، والذهب، والفضة، والفلوريت. من أهم هذه المواقع منطقة رابغ حيث يوجد في هيئة عروق قاطعة للأنديزيت، والجرانيت، ومنطقة محوية شمال شرق القنفذة، كعروق قاطعة للحجر الجيري.

الأنهيدريت (Anhydrite): يوجد في المملكة العربية السعودية مصاحبًا للجبس في أماكن متعددة، مثل الأماكن القريبة من ساحل البحر الأحمر، كمقنا، وشرم محار، وشرم حاسي، ومرسي مقبرة، وجنوب وادي النبط، وشرم الخور، وفي الرصيف العربي، كما في الرياض، والقصيم، وبلدة جبة، وفي المنطقة الشرقية كمنطقة خشم أم حويد، على خليج سلوى.

الفوسفات (Phosphate): تم حديثا (١٩٩٠- ٢٠٠٠م) اكتشاف واحد من أكبر رواسب الفوسفات في المملكة العربية السعودية بمنطقة سرحان-طريف في شمال المملكة وتشمل: (١) منطقة الجلاميد، حيث يوجد احتياطي ٢١٣مليون طن بنسبة ٢١٪ خامس أكسيد الفوسفور، (٢) شمال أم وعال، حيث يوجد احتياطي ٥٣٧ مليون طن بنسبة ١٩.٣٥٪ خامس أكسيد الفوسفور، (٣) منطقة العمود وبها ٢٤ مليون طن بنسبة ٢١.٠٣ خامس أكسيد الفوسفور، (٤) منطقة سنام وبها ٢٣ مليون طن بنسبة ١٦.٩١٪ خامس أكسيد الفوسفور. تنتمي تلك الرواسب إلى مجموعة طريف التي تشمل تكوينات (formations) ثلاث: الجلاميد، وميرا، وأم وعال، وكل منها يحتوي في أسفله على عضو فوسفات (phosphorite member). تعود تلك المجموعة إلى عصر الباليوسين إلى الأيوسين الأوسط. ومازالت عمليات الاستكشاف مستمرة، خاصة في تكوين الجلاميد، وأم وعال حيث يوجد الفوسفات بسمك كبير، ونسبة خامس أكسيد فوسفور عالية.

الجالينا (Galena): توجد مصاحبةً للسفاليريت (sphalerite)، بمناطق عديدة بالمملكة العربية السعودية، منها: بالصخور البركانية والبركانية الرسوبية منطقة الخنيقية، وبالصخور الجيرية المتحولة بمنطقة الردينية، وبالصخور الجيرية بمنطقة الشايب.

الكالكوبيريت (Chalcopyrite) (خام النحاس): يوجد مصاحبًا للبيريت بمناطق جبل صايد، والشزم، وأم الشلاهيب، وأم الدمار، والمصانع، ومناطق عديدة أخرى بالمملكة العربية السعودية.

الهاليت (Halite): يوجد بمنطقة جيزان، وجزيرة فرسان، بالمملكة العربية السعودية، ومن المعادن المصاحبة: معادن رواسب المتبخرات الأخرى، مثل الكبريتات، والهاليدات، والبورات.

الولفراميت (Wolframite) (خام التنجستن): يوجد في عدة مناطق بالدرع العربي، من أمثلتها جبل بدع الجمالة وبئر طويلة.

أمثلة لبعض الموارد الجيولوجية بجمهورية مصر العربية
(Examples of Geologic Resources in Egypt)

تحظى جمهورية مصر العربية بالكثير من الموارد المعدنية التي يستغل بعضها، والبعض الآخر في طريقه للاستغلال، بالنظر إلى مناخ الاستثمار في الوقت الحالي. وتتنوع تلك الموارد من حيث النوع والكم.

الحديد (Iron): يأتي الحديد كأحد أهم الثروات المعدنية التي تشتهر بها مصر، حيث توجد رواسب الحديد في ثلاث مناطق رئيسة، هي شرق أسوان والواحات البحرية، والصحراء الشرقية.

المنجنيز (Manganese): على الرغم من تعدد مواقع وجود خامات المنجنيز، إلا أن القليل منها هو الذي يصلح للاستغلال الاقتصادي، وتعد منطقة

أم بجمة في سيناء هي أهم تلك المناطق، حيث توجد خامات المنجنيز في شكل عدسات متوسط سمكها متران تقريبًا، ضمن صخور الحجر الجيري الدولوميتي الذي ينتمي إلى تكوينات العصر الكربوني الأوسط.

الذهب (Gold): ربما كان المصريون القدماء أبرع من نقبوا عن الذهب، بدليل وجود أكثر من ٩٠ منجمًا قديمًا للذهب في الصحراء الشرقية، ومازالت الآثار والمشغولات الذهبية، شاهدًا حيًا على براعة المصريين القدماء في البحث والتنقيب عن الذهب. ومن أهم مناجم الذهب: عتود، والسكري، والبرامية، وأم الروس، وعطا الله. ويظهر الذهب على هيئة حبيبات دقيقة منتشرة غالبا في عروق الكوارتز القاطعة للصخور الجرانيتية، والمنتشرة بطول وعرض الصحراء الشرقية.

التيتانيوم (Titanium): يتمثل الخام الرئيس لعنصر التيتانيوم في معدن الألمنيت، الذي يتكون من أكسيد حديد وتيتانيوم، ويوجد الإلمنيت في عدة مواقع بمصر أهمها منطقة أبو غلقة، وأبو ضهر بالصحراء الشرقية. كما يوجد الإلمنيت أيضا كأحد مكونات الرمال السوداء، التي تركزت بفعل الرياح والأمواج في شمال الدلتا، بين رشيد والعريش، ويستخدم التيتانيوم في صناعة سبائك الصلب والطلاء.

القصدير والتنجستن (Tin and Tungsten): يتوافر كل من خام القصدير المعروف باسم الكاستيريت، وخام التنجستن المعروف باسم الولفراميت، في كل من مناطق نويبع، والعجلة، وأبو دباب، والمويلحة، وزرقة النعام، وجميعها بالصحراء الشرقية.

النحاس (Copper): على الرغم من انتشار خامات النحاس بمصر، إلا أنها لم تصل بعد إلى الاستغلال الاقتصادي، ويتركز وجود خامات النحاس، ولاسيما

معدن الملاكيت في شبه جزيرة سيناء، في منطقة سرابيط الخادم، وفيران، وسمرة. كما توجد رواسب النحاس ملازمة لخامات النيكل، في مناطق أبو سويل، ووادي حيمور، وعكارم، وجميعها بالصحراء الشرقية.

الكروم (Chromium): اكتشف خام الكروم، والمعروف باسم الكروميت (أكسيد حديد وكروم) في منتصف الأربعينيات بمصر، ويوجد الخام على هيئة شرائط، أو طبقات، أو عدسات في أكثر من منطقة بالصحراء الشرقية. ومن أهم هذه المناطق: البرامية، وجبل دنقاش، وأبو دهر، وأبو مروة.

الفوسفات (Phosphate): يعتبر الفوسفات في مصر واحدًا من أهم الرواسب المعدنية من الناحيتين، التعدينية والاقتصادية، لأن إنتاجه كان ولا يزال يشغل مكانًا بارزا في مجال التعدين. ويرجع السبب في ذلك على الانتشار الواسع لوجود الفوسفات في مصر، إذ إنه يوجد على هيئة حزام من رواسب الفوسفات يمتد إلى مسافة حوالي ٧٥٠ كم طولا، من ساحل البحر الأحمر شرقًا، حتى الواحات الداخلة غربًا. أما أهميته الاقتصادية، فتتلخص في أنه يصدر إلى الخارج بكميات كبيرة، كما يتم تصنيع جزء منه على شكل أسمدة كيميائية تصنف كنوع من السوبر فوسفات. وتوجد مواقع الفوسفات التي لها أهمية اقتصادية بمصر في ثلاث مناطق رئيسة هي: وادي النيل بين أدفو وقنا، وساحل البحر الأحمر بين سفاجة والقصير، والصحراء الغربية.

التلك (Talc): توجد رواسب التلك في أكثر من ٣٠ موقعًا، معظمها بجنوب الصحراء الشرقية، ومن أهم هذه المناطق درهيب، والعطشان، وأم الساتيت. ويستخدم التلك في صناعة الورق، والصابون، وبعض العقاقير الطبية، والمنظفات الصناعية.

الباريت (Barite): يوجد الباريت في مصر بأكثر من ١٠ مواقع منتشرة بالصحراء الشرقية والغربية، وبعض هذه المواقع قابل للاستغلال الاقتصادي، من أهم هذه المواقع جبل الهودي شرق أسوان، وحماطه، ووادي دبّاب، ووادي شعيث، وجبل علبة، بالقرب من الحدود السودانية. ويستخدم الباريت بصفة أساسية في سوائل حفر آبار البترول، وفي تحضير مركبات الباريوم، وفي صناعة الطلاء، والمنسوجات، والورق، وبعض العقاقير الطبية.

الكبريت (Sulfur): يوجد الكبريت بمصر بصفة أساسية على ساحل البحر الأحمر وخليج السويس وخاصة في مناطق جمصة، ورانجا، وجبل الزيت. ويستخدم الكبريت في صناعة حمض الكبرتيك، الذي يستخدم بدوره في قائمة طويلة من الصناعات الكيميائية، كما يستخدم أيضًا في صناعة المفرقعات والأسمدة الكيميائية، والمبيدات الحشرية وفي الأغراض الطبية، وتبييض المنسوجات.

الجبس (Gypsum): يوجد الجبس في مصر في أكثر من ٢٥ موقعا أهمها منطقة البلاح شمال محافظة الإسماعيلية، ورأس ملعب شرق خليج السويس في سيناء، وفي العلمين والعميد غرب الإسكندرية. ويستخدم الجبس في صناعة حمض الكبريتيك، ومواد البناء، والمصيص بصفة أساسية.

الكوارتز (Quartz): يوجد الكوارتز في عدة مواقع بالصحراء الشرقية، أهمها جبل الدب، وجبل مروات، ومنطقة أم هيجليج. ويستخدم الكوارتز بصفة أساسية في البصريات، أما الكوارتز الفائق النقاوة فيستخدم في صناعة الخلايا الشمسية، عن طريق اختزال الكوارتز (ثاني أكسيد السيليكون) إلى سيليكون نقي، الذي يستخدم أيضا في صناعة أشباه الموصلات.

الكـــاولين (Kaoline): تتواجد رواسب الكاولين في ثلاثة مواقع رئيسة: في وادي نتش، ومسبع سلامة، وفرش الغزلان، وجميعها في شبه جزيـــرة ســـيناء، على الساحل الغربي لخليج السويس، في أبو الدرج والجلالـــة البحريـــة، وفـــي منطقة كلابشة وأسوان. ويعد الكاولين من الخامات ذات الاحتياطيات الكبيـــرة، التي تصل إلى ما يزيد على ٢٠٠ مليون طن. ويستخدم الكاولين فـــي صـــناعة السيراميك، والخزف، والمطاط، والورق.

الأحجار الكريمة (Gem Stones): من أهم أنواع الأحجار الكريمـــة التـــي توجد بمصر، الفيروز، الذي يوجد بمنطقة جبل المغارة، وسرابيط الخـــادم فـــي سيناء، أما الزمرد فيوجد في زبارا، ووادي سكيت، وأم كابو، ووادي نجـــرس، بالصحراء الشرقية، أما الزبرجد فيوجد في جزيـــرة الزبرجـــد جنـــوب البحـــر الأحمر.

الفلسبار (Feldspar): يوجد الفلسبار في عدة مواقع، أهمها منطقة أسوان، ووادي أم ديسي، والعنيجي. ويستخدم الفلسبار أساسًا في صـــناعة الـــسيراميك، والخزف، والصيني، والحراريات، والزجاج.

أحجار الزينة (Ornamental Stones): تعد أحجار الزينة مـــن المـــوارد المعدنية والواعدة، والتي سوف يكون لها شأن كبيـــر، وذلـــك لـــسببين، الأول: وفرتها وسعة انتشارها في الأراضي المصرية، بحيث تشمل معظم سلاسل جبال البحر الأحمر، والجزء الجنوبي من شبه جزيرة سيناء، وأجـــزاء متفرقـــة مـــن الصحراء الغربية، والثاني: التنوع الكبير في أنواع الصخور المختلفـــة، ســـواء أكانت من الصخور النارية، أم المتحولة، أو الرسوبية. ومن أهم أنواع صـــخور الزينة في مصر: الجرانيت، والرخام، والحجر الجيري، والبريشيا والألاباستر.

أمثلة لبعض الموارد الجيولوجية بسلطنة عمان

(Examples of Geologic Resources in Oman)

تعتبر سلطنة عمان واحدة من أقدم دول العالم التي عرفت أعمال التنقيب والتعدين منذ نحو خمسة آلاف عام، باستخراج النحاس من وادي الجزي في شمال البلاد. توجد خامات النحاس الممثلة بمعادن الملاكيت، والأزوريت في معظم جبال عمان الشمالية، بألوان وأشكال مختلفة، وقد دلت عمليات المسح الجيولوجي التي أجريت على مساحات شاسعة من أرض السلطنة، أن طبيعة البلاد فريدة من نوعها، حيث تحتوي على ثروات معدنية متنوعة، تتضمن النحاس، والكروم، والمنجنيز، والذهب، والرصاص، والفضة.

تحتوي صخور السلطنة على عدد وافر من الخامات المعدنية، التي تكونت في بيئات جيولوجية، تناظر تلك المنتشرة عبر القارات المختلفة، وخصوصًا تلك التي تحمل أهمية جمالية وسياحية تجذب السياح، وتثير الانتباه، مثل: عينات الرمانات السليكاتية (geodes)، وبلورات الكوارتز الجميلة وغيرها. والرمانة (أو الترجيلة) عبارة عن كتل صخرية دائرية الشكل لها لون قاتم، من الخارج ومرصعة من الداخل ببلورات مشعة من الكوارتز، ذات الألوان المتناسقة. وتوجد بلورات الكوارتز سداسية الشكل ذات المظهر الجميل، مصاحبة للشقوق، وقواطع محاليل الحرمائية (المحاليل الساخنة) التي بردت، وتبلورت، مع مرور الزمن. ومن المناطق المعروفة في السلطنة التي تنتشر بها هذه البلورات الجميلة هي: سحطاط، ووادي بني عوف، وظفار.

كما توجد كميات وافرة من الصخور الجيرية، والصخور الجرانيتية، والرخام التي تصلح للزينة، والزخرفة، في مواقع كثيرة في السلطنة، مما أدى إلى انتشار مقالع الأحجار والصخور وتكسيرها. وتكثر بلورات الكالسيت،

والأراجونيت في معظم المناطق الجبلية، خاصة في جبال الحجر، وكذلك في رواسب الصواعد والهوابط المنتشرة في كهوف عمان.

ومن الأحجار الكريمة المنتشرة أيضًا، ضمن صخور معقد الأفيوليت نذكر السربنتين، بالإضافة إلى التلك، والعديد من المعادن الصناعية، مثل: الكروميت، وكبرتيدات النحاس، والرصاص، والزنك، والنيكل، وكميات قليلة من الذهب. ومن أهم الأودية التي بها بعض الأحجار الكريمة منها ما يلي: وادي بن خروص الذي يحتوي على بعض بلورات الكالسيت، والكوارتز الجميلة التبلور واللون، ومنطقة نخل التي تحتوي على العديد من الصخور الجيرية المتبلورة، وهنالك أيضا العديد من بلورات الكالسيت، والكوارتز، ومنطقة الطوية والتي تعد أحد المواقع المهمة لمعدن الكروميت، الذي له العديد من الاستخدامات الاقتصادية كالطلاءات، وصناعة الفولاذ غير القابل للصدأ وغيرها، ووادي بني عوف حيث تنتشر الصخور الجيرية، وبلورات الكالسيت والكوارتز، ومناطق وادي الحواسنة، ووادي غول (جبل شمس)، وشرفة العلمين، التي تحتوي على العديد من الصخور الجيرية، ومعادن الجاسبر، والكوارتز، والكالسيت، والسربنتين، والهورنبلند، والإبيدوت، ووادي عدي الذي يحتوي على بلورات من معادن الكالسيت، والرودوكروسيت الوردية، ومنطقة السيفة التي تحتوي على العديد من الصخور المتحولة، وبالأخص صخور الإكلوجيت التي تحتوي على بلورات مميزة من معدن الجارنت، ووادي الأبيض، حيث تنتشر بلورات جميلة من معادن البيروكسين الخضراء اللون. بالإضافة لذلك، توجد بلورات سوداء من معدن الأرثوبيروكسين الكبيرة الحجم (محمد ١٩٨٠م، وصبحي ١٩٩٩م، ويارسلاف و فلاديمير ١٩٩٢م).

أسئلة وتدريبات

١- أجب على الأسئلة الآتية؟

١) ماهي أنواع الموارد الجيولوجية؟

٢) اكتب عن ثلاثة أمثلة من المعادن الفلزيه؟

٣) اكتب عن ثلاثة أمثلة من المعادن غير الفلزيه؟

٤) ما هي أنواع موارد الطاقة؟

٥) اذكر أهم مصادر الطاقة ؟

٦) اذكر أهمية الطاقة ؟

٧) اكتب عن اثنين من مصادر الطاقة المتجددة ؟

٨) اكتب عن اثنين من مصادر الطاقة غير المتجددة؟

٢- ضع علامة (√) أو علامة (×) مع تصويب الخطأ:

١. البترول و الغاز الطبيعي من مصادر الطاقة المتجددة ( )

٢. يستخدم الفحم في صناعة الأدوية و العطور ( )

٣. الطاقة الشمسية و طاقة الرياح من مصادر الطاقة غير المتجددة ( )

٤. يقتصر استخدام الغاز الطبيعي على الأغراض المنزلية فقط ( )

٥. يستخدم معدن المنجنيز في صناعة الحديد و الصلب ( )

٣- أكمل ما يأتي:

١- من مصادر الطاقة المتجددة .... و .... و ....

٢- من مصادر الطاقة غير المتجددة .... و .... و ....

٣- يستخرج الحديد في مصر من .... بالصحراء الغربية.

٤- يستخدم الفوسفات في صناعة .... و ....

٥- يتضمن الوقود .... و............ و ....

٦- تستخدم طاقة الرياح في .... و ....

4- Choose the correct answer from the following:

1- Which of the following is a non-renewable energy resource?

- ☐ solar
- ☐ methane
- ☐ hydroelectric
- ☐ coal

2- The amount of oil that may become available for use is called oil ________.

- ☐ reserves
- ☐ reservoirs
- ☐ resources
- ☐ traps

3- What is the leading source of energy used in Saudi Kingdom today?

- ☐ coal
- ☐ oil resources
- ☐ natural gas
- ☐ nuclear power

4- Oil, coal and natural gas supply approximately ______ % of the energy used in the world.

- ☐ 10
- ☐ 25
- ☐ 40
- ☐ 90

5- Two-thirds of the world's known oil reserves are located in ________.

- ☐ Siberia
- ☐ Gulf of Mexico and Caribbean
- ☐ the middle East
- ☐ Indonesia

6- The world has the least amount of which of the following fuel types.

- ☐ oil
- ☐ coal
- ☐ uranium
- ☐ there are roughly equal amounts of each of these fuels

7- At the current rate of world use, the remaining oil will be depleted in approximately ______ years.

- ☐ 25
- ☐ 100
- ☐ 400
- ☐ 2000

8- Which country contains about 50% of the world's coal resources?

- ☐ United States
- ☐ China
- ☐ Canada
- ☐ the former Soviet Union

9- Which of the following problems is associated with the burning of coal?

- ☐ acid rain
- ☐ carbon dioxide emissions
- ☐ ash with toxic metal impurities
- ☐ all of these

10- Nuclear energy is derived by ___________.

- ☐ combustion of atoms of U 235
- ☐ fission of atoms of U 235
- ☐ fusion of atoms of U 235
- ☐ the breaking of U 235 bonds

11- Which of the following energy sources does not produce carbon dioxide?

- ☐ oil
- ☐ Uranium
- ☐ Coal
- ☐ natural gas

12- What type of energy is derived from heated groundwater?

- ☐ solar energy
- ☐ geothermal energy
- ☐ hydroelectric energy
- ☐ nuclear energy

13- The world faces an energy crisis because _________.

- ☐ world demand for energy will increase
- ☐ world oil production will peak and begin to decline
- ☐ shortages and the resulting escalation of prices can shock the economic and political order
- ☐ all of the above

المراجـــــع

١- المراجع العربية

الشنطي، أحمد محمود سلمان (١٩٩٥م) *الرواسب المعدنية في المملكة العربية السعودية*، مركز النشر العلمي جامعة الملك عبد العزيز، جدة، السعودية، ٣١٢ صفحة.

الفيلالي، عصام (٢٠٠٥م) *مقدمة في الصخور المتحولة*، مكتبة الأنجلو المصرية، القاهرة، ٣٤٨ صفحة.

الفيلالي، عصام، وعبد النبي، حمدي ، وداود، يحيي ، وعثمان، علي (٢٠٠٧م) *علم المعادن: مقدمة في علم المعادن*، مكتبة الأنجلو المصرية، القاهرة، ٣٥٨ صفحة.

القاضي، طلال بن مصطفى (٢٠٠٦م) *مقدمة في الجيولوجيا الاقتصادية*، مكتبة فهد الوطنية للنشر السعودية، ٣٦٤ صفحة.

رادين، عبد العزيز ، وعبد القادر، عبد العزيز (١٩٨٥م) *الجيولوجيا المعملية*، تهامة – جدة.

صبحي، جابر نصر (١٩٩٩م) *المعادن النفيسة والأحجار الكريمة وشبة الكريمة الطبيعية والمقلدة : أنواعها، ميزاتها و طرق التعرف عليها*، جامعة قطر، ١٥٠ صفحة.

محمد، فتحي عوض الله (١٩٨٠م) *الإنسان والثروات المعدنية*، المجلس الوطني للثقافة والفنون والآداب، الكويت، ٣٦٧ صفحة.

مشرف، محمد ، وإدريس، الطاهر ، وعوض، حسين (١٩٩٣م) *تطبيقات في الجيولوجيا العامة*، دار المريخ – الرياض، ٦٠٤ صفحة.

نصيف، عبدالله، ورادين، عبد العزيز، وعبد الغفور، ممدوح (٢٠٠٢م) *علم الأرض*، مكتبة دار جدة، الطبعة الثانية.

يارسلاف، بور، وفلاديمير، بوسكا، (١٩٩٢م) *الجواهر والأحجار الكريمة*، طلاس للدراسات والترجمة والنشر، دمشق، ٣٣٦ صفحة.

٢- المراجع الأجنبية

Dana, E.S. (1892) *The System of Mineralogy*, sixth edition with appendices I, II, and III, completing the work to 1915. John Wiley and Sons, New York, 1134p.

Mackenzie, M.S., Donaldson, C.H. and **Guilford, C.** (1982) *Atlas of Igneous Rocks and their Textures*, Longman, Harlow, Essex, United Kingdom (GBR).

Miyashiro, A. (1973) *Metamorphism and Metamorphic Belts*, Allen and Unwin, London , 492 p.

Skinner, B.J. and **Porter, S.C.** (1995) *The Dynamic Earth—An Introduction to Physical Geology*, Wiley, New York. 612 p.

Tarbouk, E. and **Lutgens, F.** (2002) *Earth: An Introduction to Physical Geology*, 7th Edition, Upper Saddle River, Nj:Prentice Hall, UK, 342p.

Tarbouk, E. and **Lutgens, F.** (2007) *Essentials of Geology*, 8th Edition, Prentice Hall Companion, 504p.

Wager, L.R. and **Brown, G.M.** (1967) *Layered Igneous Rocks*, W.H. Freeman, San Francisco, 588p.

Zumberge, J.H. and **Nelson, C.A.** (1976) *Elements of Physical Geology*, Wiley (New York), 432p.

Zumberge, J.H., Carter, J. and **Rutford, R.H.** (2008) *Laboratory Manual for Physical Geology*, San Francisco: McGraw-Hill Publisher, 320p.

٣- مواقع إلكترونية

http://www.jsc.nasa.gov/polices

http://upload.wkimedia.org/wkipedia

http://ar.wikipedia.org/wiki

http://www.geocities.com/Fatin_Sham/minirals.htm

http://gpc.edu/~pgore/geology/physical_lecture/mineral.html#Definitions

http://ga.water.usgs.gov/edu/watercyclearabic.html

http://www.nmm.ac.uk/server/show/conWebDoc.1221

ثبت المصطلحات (عربي - إنجليزي)

(أ)

آبار	wells
آبار ارتوازية	artesian wells
آبار ضحلة	shallow wells
آبار عميقة	deep wells
أجلوميرات	agglomerate
إجهاد	stress
أحجار الزينة	ornamental stones
أحجار كريمة	gemstone
إحلال	replacement
أحماض دبالية	humic acids
أخاديد دائرية	kettles
أخشاب متحجرة	petrified wood
إذابة	solution
إردواز	slate
أرصفة طبيعية	natural levee
الأرض	earth
أرضية الصخر	groundmass
أركوز	arkose
إزاحة	displacement
استشعار عن بعد	remote sensing
أسس التفكير العلمي	basis of scientific research
أشعة فوق بنفسجية	ultraviolet rays
اصطدام لوحتين	collision
اقتلاع أو احتجاز	quarrying
ألمـــــاس	diamond
ألواح أو صفائح	plates
إليمينيت	ilmenite
أمفيبول	amphibole
أنابيب بركانية	volcanic pipes
اندساس	subduction
انزلاق صخري	rock fall or rock slide
أنسجة الصخور المتحولة	metamorphic textures
أنسجة النمو المشترك	intergrowth textures
أنظمة بينية	interdisciplinary system
انفصال	parting
انفصام	cleavage
انفصام إردوازى	slaty cleavage
انفصام التمعج	crenulation cleavage
انفعال	strain
أنهيدريت	anhydrite
أورانـــــوس	Uranus
أوليفين	olivine
أيون سالب	anion
أيون موجب	cation

(ب)

باثوليث	batholith
باريت	barite
بؤرة الزلزال	hypo center
براكين	volcanoes
براكين درعية	shield volcanoes
بريشيا الصدع	fault breccia
بركنة	volcanism
بري	abrasion
بريق	luster
بريق أرضي أو مطفي	earth or dull
بريق حريري	silky
بريق راتنجي	resinous
بريق زجاجي	glassy
بريق فلزي	metallic luster
بريق لؤلؤي	pearly
بريق ماسي	adamantine
بقع شمسية	sunspots
بلاتين	platinum
بلوتو	Pluto
بلورات ظاهرة	phenocryst
بلورات كليه	holocrystalline
بناء الجبال (تجبل)	mountain building
بناء ذري للمعادن	atomic structure of minerals
بنيات الصخور الرسوبية	sedimentary structures
بنية الصخر	rock's structure
بنية فراغية	space lattice
بيروكسين	pyroxene

(ت)

تأثير الكائنات الحية	plants and animal effect
تأين	ionization
تباعد داخل القشرة القارية	intra-continental rifts
تبخير المياه	evaporation
تبدد الكتل	mass wasting
تبلور	crystallization
تجلد	glaciation
تجمعات رملية	sand accumulations
تجوية	weathering
تجوية كروية	spheroidal weathering
تجوية كيميائية	chemical weathering
تجوية ميكانيكية	mechanical weathering
تحلل مائي أو تميؤ	hydrolysis
تحول	metamorphism
تحول إقليمي	regional metamorphism
تحول تصادمي	impact metamorphism
تحول تهشمي	cataclastic metamorphism
تحول جبلي	orogenic metamorphism
تحول حراري أو تلامسي	thermal or contact metamorphism
تحول حراري حركي	dynamothermal metamorphism
تحول حرمائي	hydrothermal metamorphism

تحول دفني	burial metamorphism
تخطيط	lineation
تدفق ترابي	earth flow
تدفق سطحي	sheet flow
تدفق طيني	mudflow
تدفق غير منتظم أو تدفق دوامى	turbulent flow
تدفق في رقائق	laminar flow
تذرية	deflation
تراص	compaction
تراكيب أولية	primary structure
تراكيب ثانوية	secondary structures
تراكيب جيولوجية	geologic structures
تربة	soil
ترسيب	deposition
ترسيب	precipitation
تزحزح	displacement
التزلق القاعدي	basal sliding
تشابه شكلي	isomorphism
تشبع بالماء والجفاف	saturation and desiccation
شقوق الطين	mud cracks
تشوه داخلي	internal deformation
تشوه الصخر	rock's deformation
تشوه انهياري	rupture deformation
تشوه لدن	ductile deformation
تشوه مرن	elastic deformation
تصنيف المعادن	minerals classification
تضاريس	topography
تضوء	luminescence
تطبق	bedding
تطبق متدرج	graded bedding
تطبق متقاطع	cross bedding
تعدد شكلي	polymorphism
تعرية بالمجالد	erosion by glaciers
تغيرات فى درجة الحرارة	temperature changes
تفسفر	phosphorescence
تفلر	fluorescence
تقشر أو تحرشف	exfoliation
تكتونية الألواح	plate tectonics
تكربن	carbonation
تلاصق	cementation
تلال جليدية بيضاوية	drumlines
تماسك	tenacity
تمدد الصخور وانكماشها	thermal expansion and contraction
تمدد ناتج عن تخفيف الحمل	unloading
تموه	hydration
تيارات الحمل	convection currents

(ج)

جاذبية	gravity
جالينا	galena
جبس	gypsum
جذوع	stocks
جرافيت	graphite

جرانوبلاستك granoblastic
جرانوفلس granofels
جرايواك greywacke
جريت (حجر الطاحون) grit
جزية محيطية بازلتية ocean island basalt
جوتيت goethite
جيوكيمياء geochemistry
جيولوجيا اقتصادية economic geology
جيولوجيا البترول petroleum geology
جيولوجيا تاريخية historical geology
جيولوجيا تركيبية structural geology
جيولوجيا طبيعية physical geology
جيولوجيا علم التضاريس geomorphology
جيولوجيا كونية cosmic geology

(ح)

حافة قشرة قارية نشطة active continental margin
حائط القدم foot wall
حائط معلق hanging wall
حبيبات كبيرة الحجم porphyroblasts
حجر جيري بطروخي oolitic limestone
حجر جيري عضوي (كوكينا) coquina
حجر جيري غير عضوي inorganic limestone
حجر رملي sandstone
حجر رملي حديدي ferruginous sandstone
حرارة temperature
حركة المجالد glaciers movement
حزام الرطوبة belt of soil moisture
حزام تركيز الماء المتصاعد نتيجة الخاصة الشعرية capillary fringe
حفرية دليلية index fossil
حلبة جليدية cirque glaciers
حمم متدفقة lava flows
حمولة أرضية أو قاعية bed load
حمولة ذائبة dissolved load
حمولة قافزة saltation load
حمولة متحركة transported load
حمولة معلقة suspended load
حواف متباعدة divergent plate boundaries
حواف منزلقة وصدوع عرضية transform plate boundaries
حواف متقاربة convergent plate boundaries
حوض basin
حوض خلف القوس back-arc basin
حيد منتصف المحيط mid-ocean ridge

(خ)

خداع شكلي psudomorphism
خدوش وخطوط وبروز slickenside
خفي التحبب أو أفانيت aphanitic
خلفية إشعاعية background radiation
خليط من الزجاج والبلورات hypocrystalline
خواص مغنطيسية magnetic properties
خواص تماسكية cohesive properties

خواص فيزيائية physical properties

خواص كهربائية electrical properties

(د)

درجة الفرز sorting

الدرع العربي النوبي Arabian Nubian Shield

درنات صخرية concretions

الدورة الصخرية the rock cycle

دورة مائية hydrologic cycle

دولوميت dolomite

ديناميكا حرارية thermodynamics

(ذ)

ذرة atom

ذهب gold

(ر)

رابطة أيونية ionic bond

رابطة تساهمية covalent bond

رابطة فان درفال Van der Waal force

رابطة هيدروجينية hydrogen bonding

رخام marble

رسم سيزمي seismograph

رسوبيات التّيل till

رسوبيات القناة stream sediments

رسوبيات جليدية شاردة erratic glaciers

رسوبيات سطحية متبقية residual regolith

رسوبيات سطحية منقولة transported regolith

رسوبيات سهل الفيضان flood plain sediments

رشح infiltration

رص الحبيبات packing

ركام morian

ركام أرضي ground morian

ركام تراجعي recessional morian

ركام جليدي جانبي lateral morian

ركام جليدي وسطي middle morian

ركام طرفي terminal morian

ركام نهائي end morian

رماد بركاني volcanic ash

رمية الصدع السفلي downthrown side

رمية الصدع العليا upthrown side

روابط فلزية metallic bond

روابط كيميائية chemical bonds

رواسب الألسنة point bars

رواسب الهوابط والصواعد stalactites and stalagmites

رواسب جيدة الفرز well-sorted deposits

رواسب عديمة الفرز unsorted deposits

روافد tributaries

رياح winds

(ز)

زجاج كلي holohyaline

زحف creep

زُحل Saturn

زلازل earthquakes

زلازل تكتونية tectonic earthquake
الزهرة venues

(س)

سدود sills
السديم الشمسي solar nebula
سطح انقطاع موهو Moho discontinuity
سلسلة تفاعلات باون Bowen's reaction series
سلسلة متصلة continuous series
سلسلة منفصلة discontinuous series
سمك thickness
سنتر جيري أو ترافرتين calcareous sinter or travertine
سهول الاكتساح outwash plains

(ش)

شدة الزلزال intensity
شست schist
شستزة schistosity
شفافية transparency
شكل واستدارة الحبيبات shape and roundness
الشمس the Sun
شهب ونيازك meteoroids
شواطئ beaches
شيرت (حجر الصوان) chert

(ص)

صحاري deserts
صحاري حجرية rocky desert
صخر خشن التحبب coarse grained rock
صخر دقيق التحبب fine grained rock
صخور السكارن skarn
صخور بركانية volcanic rocks
صخور تبخيرية evaporites
صخور جيرية limestone
صخور خازنة reservoir rocks
صخور داكنة اللون melanocratic rocks
صخور رسوبية sedimentary rocks
صخور رسوبية عضوية النشأة organically formed sediments
صخور رسوبية كيميائية النشأة chemically formed sediments
صخور رملية sandstone
صخور فاتحة اللون leucocratic rocks
صخور فتاتية بركانية pyroclastics
صخور فلسية felsic rocks
صخور كيميائية سيليسية siliceous rocks
صخور مافية mafic rocks
صخور متحولة metamorphic rocks
صخور متحولة غير متورقة non-foliated rocks
صخور متحولة متورقة foliated texture
صخور متوسطة intermediate rocks
صخور نارية igneous rocks
صخور نارية تحت سطحية hypabyssal
صخور نارية جوفية plutonic rocks
صخور نارية فوق مافية ultramafic rocks

صدع دسر thrust fault

صدع مضرب strike slip

صدع امتداد يساري left-lateral strike-slip fault

صدع امتداد يميني right-lateral strike-slip fault

صدع بارز horst

صدع خسيف graben

صدع عادي normal fault

صدع معكوس reverse fault

صدوع عرضية transform faults

صدوع ومستويات انزلاق major faults and thrust zones

صفات فيزيوكيميائية physicochemical conditions

صفوف bands

صلادة hardness

صهارة magma

صهير حامضي acidic magma

صهير فوق قاعدي ultrabasic magma

صهير قاعدي basic magma

صهير متوسط intermediate magma

(ض)

ضغط pressure

ضغط محيط confined pressure

ضغط موجه directed pressure

ضغط هيدروستاتيكي hydrostatic pressure

(ط)

طاقة الرياح wind energy

طاقة حرارية أرضية geothermal power

طاقة شمسية solar energy

طباشير chalk

طبقة الأوزون ozonosphere

طف بركاني volcanic tuff

طيات folds

طيات مسحوبة drag folds

طية ذات ميل واحد monocline fold

طية غاطسة plunging fold

طية غير غاطسة non-plunging fold

طية غير متماثلة asymmetrical fold

طية متماثلة symmetrical folds

طية محدبة anticline

طية مقعرة syncline

طية مقلوبة overturned folds

طية نائمة أو مضطجعة recumbent fold

طين clay

طين جيري calcareous clay

(ظ)

ظاهر التحبب أو فانيريت phaneritic

(ع)

عدد ذري atomic number

عدد كتلي mass number

عدم التوافق unconformity

عدم التوافق الزاوي angular unconformity

عطارد	mercury
علامات النيم	ripple marks
علم أصل الكون	cosmogenesis
علم الأحافير	paleontology
علم الأحياء	biology
علم الإنسان	anthropology
علم البراكين	volcanology
علم البلورات	crystallography
علم التشريح	botany
علم الجيوفيزياء	geophysics
علم الحيوان	zoology
علم الصخور	petrology
علم الطبقات	stratigraphy
علم الفلك	astronomy
علم الفيزياء	physics
علم الكون	Cosmology
علم الكيمياء	chemistry
علم المعادن	mineralogy
علم المناخ	climatology
علم المناخ القديم	paleo-ecology
علم الوراثة	genetic
علم جيولوجيا المياه	hydrogeology
علوم الأرض	earth sciences
علوم الحياة	life sciences
علوم طبيعية	natural sciences
عمليات التبلور	crystallization reactions
عمليات خارجية	external processes
عمليات داخلية	internal processes
عمليات صهيرية	magmatic processes
عملية التصخر	lithification

(غ)

غابات متحجرة	petrified forests
غرين	silt
غطاء ثلجي	ice cap
غلاف حيوي	biosphere
غلاف مائي	hydrosphere
غلاف جوي	atmosphere
غلاف صخري أو ليثوسفير	lithosphere

(ف)

فترة هدوء	quiescence
فحم	coal
فرضية	hypothesis
فضـــــــة	silver
فلسبار	feldspar
فلسبار بوتاسي	k-feldspar
فلنت (زلط)	flint
فواصل	joints
فواصل المضرب	strike joints
فواصل عمدانية	columnar joints
فواصل منحرفة	oblique joints
فوتوسفير	photosphere
فوسفات	phosphate
فيليت	phyllite

فيوض بازلتية قارية — continental flood basalts

(ق)

قانون تتابع الحفريات — law of faunal succession

قانون تعاقب الطبقات — law of superposition

قبة — dome

قذائف بركانية — volcanic bombs

قشرة أرضية — crust

القمر — the Moon

قواطع — dykes

قوة التبلور — force of crystallization

قوة الزلزال — magnitude

قوس بركاني — volcanic arc

قوس جزيري — island arc

قوى الازدواج — torsion forces

قوى التجاذب التثاقلي — gravitational forces

قوى القص — shearing forces

قوى الشد — tension forces

قوى الضغط — compression forces

(ك)

كالديرا — caldera

كالكوبيريت — chalcopyrite

كاليش — caliche

كاولين — kaoline

كاولينيت — kaolinite

كبريت — sulfur

كتلة — mass

كثافة — density

كثبان طولية أو سيفية — longitudinal or seif dunes

كثبان مستعرضة — transverse dunes

كثبان هلالية أو برخان — cresentric dunes or borchan

كثيبات — eskars

كروموسفير — chromosphere

كروميت — chromite

كنجلوميرات — conglomerate

كهرباء حرارية — pyroelectricity

كهرباء ضغطية — piezoelectricity

كوارتز — quartz

كوارتزايت — quartzite

كوارث جيولوجية — geologic hazards

كورونا (طبقة تاجية) — corona

كويكبات — planetoids

كيمات — kames

كيمياء حيوية — biochemistry

(ل)

لاتوافق انقطاعى — disconformity

لاتوافق تخالفي — nonconformity

لاتيريت وبوكسيت — laterite and bauxite

لاكوليث — lacolith

لزوجة — viscosity

لوح أفريقي — African plate

لوح عربي — Arabian plate

لوح المخدش	streak plate
لوح الهادي	Pacific plate

(م)

ماء منطلق	runoff water
مادة لاحمة	cement
مارل	marl
مجالد	glaciers
مجالد ألبية	alpine glaciers
مجالد قارية	continental glaciers
مجرة درب التبانة	milky way galaxy
مجرى مجدول	braided stream
مجموعات ونقاط فراغية	space groups and point groups
محاري	conchoidal
محاليل حرمائية	hydrothermal solutions
محقونات نارية	igneous intrusions
محيط هادي	pacific ocean
مخاريط بركانية	volcanic cones
مخدش	streak
مخروط الانخفاض	cone of depression
مخروط التراب البركاني	cinder cone
مخروط مركب	composite cone
مد وجزر	tidal currents
مذنبات	comets
مراوح ركامية	alluvial fans
مرحلة الاندساس	subduction
مرحلة التصادم	collision
مرحلة الشباب	youth stage
مرحلة الكهولة	old age stage
مرحلة النضوج	mature stage
مريخ	Mars
مسامية	porosity
مستوى الصدع	fault plane
مستوى محوري	axial plane
مسكوفيت	muscovite
مشتري	Jupiter
مضرب الصدع	fault strike
معادن أساسية	essential minerals
معادن إضافية	accessory minerals
معادن الأكاسيد	oxide minerals
معادن البورات	borate minerals
معادن السيليكات	silicate minerals
معادن الفوسفات	phosphate minerals
معادن الكبريتات	sulfate minerals
معادن الكبريتيدات	sulfide minerals
معادن الكربونات	carbonate minerals
معادن الهاليدات	halide minerals
معادن الهيدروكسيدات	hydroxide minerals
معادن أولية	primary minerals
معادن ثانوية	secondary minerals
معادن سيليكاتية حلقية	cyclosilicates
معادن سيليكاتية سلسلية	chain silicates or inosilicates
معادن سيليكاتية شبكية	framework silicates

معادن سيليكاتية صفائحية sheet silicates
معادن سيليكاتية مزدوجة sorosilicates
معادن سيليكاتية منفردة nesosilicates
معادن شفافة transparent minerals
معادن عنصرية native elements
معادن فلزية metallic minerals
معادن لافلزية non metallic minerals
معادن معتمة opaque
معادن نصف شفافة translucent
معدلات التجوية rate of weathering
معدن لامائي anhydrous mineral
معدن مائي hydrous mineral
مغناطيسية magnetism
مكامن المياه الجوفية الجاثمة perched underground water
مكامن المياه الجوفية الحرة free underground water
مكامن المياه الجوفية المحصورة confined underground water
مكامن المياه الحفرية fossil underground water
مكسر fracture
ملح صخري rock salt
المناخ climate
منخفضات حوضية basin–like depressions
مواد البناء building materials
موارد جيولوجية geologic resources
موارد معدنية mineral resources
موائد الشيطان mushroom rocks
موجات التذبذب waves of oscillation
موجات النقل water of translation
موجات أولية primary wave
موجات ثانوية secondary wave
مياه جارية running water
مياه جوفية groundwater
مياه سطحية surface water
ميل الصدع fault dip
ميولونيت عدسي augen mylonite

(ن)

نايس gneiss
نـبـتـون Neptune
نتاج بركاني volcanic products
نحات ريحي wind erosion
نحاس copper
نسيج أوفيتي ophitic texture
نسيج انسيابي flow texture
نسيج بيرثيتي perthitic texture
نسيج الهالة أو حافة التفاعل corona or reaction rim
نسيج أنتي بيرثيتي antiperthitic texture
نسيج بوكيليتي poiklitic texture
نسيج تراكمي cumulus texture
نسيج تراكيتي trachytic texture
نسيج تهشمي cataclastic texture
نسيج بورفيري porphyritic texture

نسيج دائري أو حلزوني helicitic texture

نسيج زجاجي glassy texture

نسيج غربالي sieve texture

نسيج فتاتي pyroclastic texture

نسيج فقاعي ولوزي vesicular and amygdaloidal texture

نسيج مبرقش poikiloblastic

نسيج ميرمكيتي myrmekitic texture

نسيج ميلونيتي mylonitic texture

نسيج هورنفلسي hornfelsic texture

نسيج هيروغليفي graphic texture

نشاط أولى precursory activity

نشاط صهيري داخل قشرة قارية intra-continental igneous activity

نطاق الإشعاعات radiation zone

نطاق التشبع zone of saturation

نطاق التهوية zone of aeration

نطاق انتقال الحرارة بالحمل convective zone

نطاق لدن أو أستينوسفير asthenosphere

نظام شمسي solar system

نظام الصرف التعريشي trellis pattern

نظام الصرف الشجري dendritic pattern

نظام الصرف الشعاعي radial pattern

نظام الصرف المتعامد rectangular pattern

نظائر isotopes

نظرية انجراف القارات continental drift theory

نظرية الانفجار الكبير big bang theory

نظرية التكاثف condensation theory

نظرية الحالة الثابتة steady state theory

نظرية سديمية nebular theory

نظرية الكون المتضخم inflationary theory

نظرية الوتيرة الواحدة uniformitarianism

نظرية انفراج المحيط sea-floor spreading theory

نظرية تكتونية الألواح plate tectonics theory

نفاذية permeability

نيسوزتي أو تطبق نيسي gneissosity or gneissic banding

(هـ)

هالات تماسية contact aureoles

هاليت halite

هبوط الكتل slump

هزات ابتدائية foreshocks

هزات لاحقة after shocks

(و)

وجهريحيات ventifact

وديان جليدية valley glaciers

وزن نوعي specific gravity

وشاح mantle

ولفراميت wolframite

وهج شمسي solar flares

(ي)

ينابيع	springs
ينابيع تركيبية	structural springs
ينابيع حديدية	ferruginous springs
ينابيع سيليكاتية	siliceous springs
ينابيع طبوغرافية	topographic springs
ينابيع كالسية	calcareous springs
ينابيع كبريتية	sulphurus springs
ينابيع مالحة	saline springs
يوبيات	lapilli

ثبت المصطلحات (إنجليزي-عربي)

(A)

abrasion ري
accessory mineral معادن إضافية
acidic magma صهير حامضي
active continental margin حافة قشرة قارية نشطة
adamantine بريق ماسي
African plate لوح أفريقي
after shocks هزات لاحقة
agglomerate أجلوميرات
alluvial fans مراوح ركامية
alpine glaciers مجالد ألبية
amphibole أمفيبول
angular unconformity عدم التوافق الزاوي
anhydrite أنهيدريت
anhydrous mineral معدن لامائي
anion أيون سالب
anthropology علم الإنسان
anticline طية محدبة
antiperthitic texture نسيج أنتي بيرثيتي
aphanitic خفي التحبب أو أفانيت
Arabian Nubian Shield الدرع العربي النوبي
Arabian plate لوح عربي
arkose أركوز
artesian wells آبار ارتوازية
asymmetrical fold طية غير متماثلة
asthenosphere نطاق لدن أو أستينوسفير
astronomy علم الفلك
atmosphere غلاف جوي
atom ذرة
atomic number عدد ذري
atomic structure of minerals بناء ذري للمعادن
augen mylonite ميولونيت عدسي
axial plane مستوى محورى

(B)

back-arc basin حوض خلف القوس
background radiation خلفية إشعاعية
bands صفوف
barite باريت
basal sliding التزلق القاعدي
basic magma صهير قاعدي
basin حوض
basin–like depressions منخفضات حوضية
basis of scientific research أسس التفكير العلمي

batholith باثوليث
beaches شواطئ
bed load حمولة أرضية أو قاعية
bedding تطبق
belt of soil moisture حزام الرطوبة
big bang theory نظرية الانفجار الكبير
biochemistry كيمياء حيوية
biology علم الأحياء
biosphere غلاف حيوي
borate minerals معادن البورات
botany علم التشريح
Bowen's reaction series سلسلة تفاعلات باون
braided stream مجرى مجدول
building materials مواد البناء
burial metamorphism تحول دفني

(C)

calcareous sinter or travertine سنتر جيري أو ترافرتين
calcareous springs ينابيع كالسية
caldera كالديرا
caliche كاليش
capillary fringe حزام تركيز الماء المتصاعد نتيجة الخاصة الشعرية
carbonate minerals معادن الكربونات
carbonation تكربن
cataclastic metamorphism تحول تهشمي
cataclastic texture نسيج تهشمي
cation أيون موجب
cement مادة لاحمة
cementation تلاصق
chain silicates or inosilicates معادن سيليكاتية سلسلية
chalcopyrite كالكوبيريت
chalk طباشير
chemical weathering تجوية كيميائية
chemically formed sediments صخور رسوبية كيميائية النشأة
chert شيرت (حجر الصوان)
chromite كروميت
chromosphere كروموسفير
cinder cone مخروط التراب البركاني
cirque glaciers حلبة جليدية
composite cone مخروط مركب
clay طين
calcareous clay طين جيري
cleavage انفصام
climate المناخ
climatology علم المناخ
coal فحم
coarse grained rock صخر خشن التحبب
cohesive properties خواص تماسكية
collision اصطدام لوحتين
columnar joints فواصل عمدانية

cosmic geology جيولوجيا كونية
cosmogenesis علم أصل الكون
cosmology علم الكون
chemistry علم الكيمياء
covalent bond رابطة تساهمية
creep زحف
crenulation cleavage انفصام التمعج
cresentric dunes or borchan كثبان هلالية أو برخان
cross bedding تطبق متقاطع
crust قشرة أرضية
crystallization reactions عمليات التبلور
crystallization تبلور
crystallography علم البلورات
cumulus texture نسيج تراكمي
cyclosilicates معادن سيليكاتية حلقية

(D)

deep wells آبار عميقة
deflation تذرية
dendritic pattern نظام الصرف الشجري
density كثافة
deposition ترسيب
precipitation ترسيب
deserts صحاري
diamond ألماس
directed pressure ضغط موجه
disconformity لاتوافق انقطاعي

comets مذنبات
compaction تراص
compression forces قوى الضغط
conchoidal محاري
concretions درنات صخرية
condensation theory نظرية التكاثف
cone of depression مخروط الانخفاض
confined pressure ضغط محيط
confined underground water مكامن المياه الجوفية المحصورة
conglomerate كنجلوميرات
contact aureoles هالات تماسية
continental drift theory نظرية انجراف القارات
continental flood basalts فيوض بازلتية قارية
continental glaciers مجالد قارية
continuous series سلسلة متصلة
convection currents تيارات الحمل
convective zone نطاق انتقال الحرارة بالحمل
convergent plate boundaries حواف متقاربة
copper نحاس
coquina حجر جيري عضوي (كوكينا)
corona كورونا (طبقة تاجية)
corona or reaction rim نسيج الهالة أو حافة التفاعل

discontinuous series سلسلة منفصلة
displacement إزاحة
dissolved load حمولة ذائبة
divergent plate boundaries حواف متباعدة
dolomite دولوميت
dome قبة
downthrown side رمية الصدع السفلي
drag folds طيات مسحوبة
drumlins تلال جليدية بيضاوية
ductile deformation تشوه لدن
dykes قواطع
dynamothermal metamorphism تحول حراري حركي

(E)

earth flow تدفق ترابي
earth sciences علوم الأرض
earthy or dull بريق أرضي أو مطفي
earthquakes زلازل
economic geology جيولوجيا اقتصادية
elastic deformation تشوه مرن
electrical properties خواص كهربائية
end morian ركام نهائي
erosion by glaciers تعرية بالمجالد
erratic glaciers رسوبيات جليدية شاردة
eskars كثيبات
essential minerals معادن أساسية
evaporation تبخير المياه
evaporates صخور تبخيرية
exfoliation تقشر أو تحرشف
external processes عمليات خارجية

(F)

fault breccia بريشيا الصدع
fault dip ميل الصدع
fault plane مستوى الصدع
fault strike مضرب الصدع
felsic rocks صخور فلسية
feldspar فلسبار
ferruginous sandstone حجر رملي حديدي
ferruginous springs ينابيع حديدية
fine grained rock صخر دقيق
flint فلنت (زلط)
flood plain sediments رسوبيات سهل الفيضان
flow texture نسيج إنسيابي
fluorescence تفلر
folds طيات
foliated texture صخور متحولة متورقة
foot wall حائط القدم
force of crystallization قوة التبلور
foreshocks هزات ابتدائية
fossil underground water مكامن المياه الحفرية
fracture مكسر

framework silicates معادن سيليكاتية شبكية

free underground water مكامن المياه الجوفية الحرة

(G)

galena جالينا

gemstone أحجار كريمة

genetic علم الوراثة

geochemistry جيوكيمياء

geologic hazards كوارث جيولوجية

geologic resources موارد جيولوجية

geologic structures تراكيب جيولوجية

geomorphology جيولوجيا علم التضاريس

geophysics علم الجيوفيزياء

geothermal power طاقة حرارية أرضية

glaciers movement حركة المجالد

glaciation تجلد

glaciers مجالد

glassy luster بريق زجاجي

glassy texture نسيج زجاجي

gneiss نايس

gneissosity or gneissic banding نيسوزتي أو تطبق نيسي

goethite جوتيت

gold ذهب

graben صدع خسيف

graded bedding تطبق متدرج

granoblastic جرانوبلاستك

granofels جرانوفلس

graphic texture نسيج هيروغليفي

graphite جرافيت

gravitational forces قوى التجاذب التثاقلي

gravity جاذبية

greywacke جرايواك

grit جريت (حجر الطاحون)

ground morian ركام أرضي

groundmass أرضية الصخر

groundwater مياه جوفية

gypsum جبس

(H)

halide minerals معادن الهاليدات

halite هاليت

hanging wall حائط معلق

hardness صلادة

helicitic texture نسيج دائري أو حلزوني

historical geology جيولوجيا تاريخية

holocrystalline بلورات كليه

holohyaline زجاج كلي

hornfelsic texture نسيج هورنفلسي

horst صدع بارز

humic acids أحماض دبالية

hydration تموه

hydrogen bonding رابطة هيدروجينية

hydrogeology علم جيولوجيا المياه

hydrologic cycle دورة مائية
hydrolysis تحلل مائي أو تميؤ
hydrosphere غلاف مائي
hydrostatic pressure ضغط هيدروستاتيكي
hydrothermal metamorphism تحول حرمائي
hydrothermal solutions محاليل حرمائية
hydrous mineral معدن مائي
hydroxide minerals معادن الهيدروكسيدات
hypabyssal صخور نارية تحت سطحية
hypo center بؤرة الزلزال
hypocrystalline خليط من الزجاج والبلورات
hypothesis فرضية

(I)

ice cap غطاء ثلجي
igneous intrusions محقونات نارية
igneous rocks صخور نارية
ilmenite إليمينيت
impact metamorphism تحول تصادمي
index fossil حفرية دليلية
infiltration رشح
inflationary theory نظرية الكون المتضخم
inorganic limestone حجر جيري غير عضوي
intensity شدة الزلزال
interdisciplinary system أنظمة بينية
intergrowth textures أنسجة النمو المشترك
intermediate magma صهير متوسط
intermediate rocks صخور متوسطة
internal deformation تشوه داخلي
internal processes عمليات داخلية
intra-continental igneous activity نشاط صهيري داخل قشرة قارية
intra-continental rifts تباعد داخل القشرة القارية
ionic bond رابطة أيونية
ionization تأين
island arc قوس جزيري
isomorphism تشابه شكلي
isotopes نظائر

(J)

joints فواصل
Jupiter مشتري

(K)

kames كيمات
kaoline كاولين
kaolinite كاولينيت
kettles أخاديد دائرية
k-feldspar فلسبار بوتاسي

(L)

lacolith لاكوليث

major faults and thrust zones صدوع ومستويات انزلاق
mantle وشاح
marble رخام
marl مارل
Mars مريخ
mass number عدد كتلي
mass wasting تبدد الكتل
mass كتلة
mature stage مرحلة النضوج
mechanical weathering تجوية ميكانيكية
melanocratic rocks صخور داكنة اللون
mercury عطارد
metallic bond روابط فلزية
chemical bonds روابط كيميائية
metallic luster بريق فلزي
metallic minerals معادن فلزية
metamorphism تحول
metamorphic rocks صخور متحولة
metamorphic textures أنسجة الصخور المتحولة
meteoroids شهب ونيازك
middle morian ركام جليدي وسطي
mid-ocean ridge حيد منتصف المحيط
milky way galaxy مجرة درب التبانة
mineral resources موارد معدنية
mineralogy علم المعادن

laminar flow تدفق في رقائق
lapilli يوبيات
lateral morian ركام جليدي جانبي
laterite and bauxite لاتيريت وبوكسيت
lava flows حمم متدفقة
law of faunal succession قانون تتابع الحفريات
law of superposition قانون تعاقب الطبقات
left-lateral strike-slip fault صدع امتداد يساري
leucocratic rocks صخور فاتحة اللون
life sciences علوم الحياة
limestone صخور جيرية
lineation تخطيط
lithification عملية التصخر
lithosphere غلاف صخري أو ليثوسفير
longitudinal or seif dunes كثبان طولية أو سيفية
luminescence تضوء
luster بريق

(M)

mafic rocks صخور مافية
magma صهارة
magmatic processes عمليات صهيرية
magnetic properties خواص مغنطيسية
magnetism مغناطيسية
magnitude قوة الزلزال

olivine أوليفين
oolitic limestone حجر جيري بطروخي
opaque معادن معتمة
ophitic texture نسيج أوفيتي
organically formed sediments صخور رسوبية عضوية النشأة
ornamental stones أحجار الزينة
orogenic metamorphism تحول جبلي
outwash plains سهول الاكتساح
overturned folds طية مقلوبة
oxide minerals معادن الأكاسيد
ozonosphere طبقة الأوزون

(P)

Pacific ocean المحيط الهادي
Pacific plate اللوح الهادي
packing رص الحبيبات
paleo-ecology علم المناخ القديم
paleontology علم الأحافير
parting انفصال
pearly بريق لؤلؤي
perched underground water مكامن المياه الجوفية الجاثمة
permeability نفاذية
perthitic texture نسيج بيرثيتي
petrified forests غابات متحجرة
petrified wood أخشاب متحجرة
petroleum geology جيولوجيا البترول

minerals classification تصنيف المعادن
Moho discontinuity سطح انقطاع موهو
monocline fold طية ذات ميل واحد
morian ركام
mountain building بناء الجبال
mud cracks شقوق الطين
mudflow تدفق طيني
muscovite مسكوفيت
mushroom rocks موائد الشيطان
mylonitic texture نسيج ميلونيتي
myrmekitic texture نسيج ميرمكيتي

(N)

native elements معادن عنصرية
natural levee أرصفة طبيعية
natural sciences علوم طبيعية
nebular theory نظرية سديمية
Neptune نــبــتــون
nesosilicates معادن سيليكاتية منفردة
nonconformity لاتوافق تخالفي
non-foliated rocks صخور متحولة غير متورقة
non metallic minerals معادن لافلزية
non-plunging fold طية غير غاطسة
normal fault صدع عادي

(O)

oblique joints فواصل منحرفة
ocean island basalt جزية محيطية بازلتية

petrology	علم الصخور
phaneritic	ظاهر التحبب أو فانيريت
phenocryst	بلورات ظاهرة
phosphate minerals	معادن الفوسفات
phosphorescence	تفسفر
photosphere	فوتوسفير
phyllite	فيليت
physical geology	جيولوجيا طبيعية
physical properties	خواص فيزيائية
physicochemical conditions	صفات فيزيوكيميائية
physics	علم الفيزياء
piezoelectricity	كهرباء ضغطية
planetoids	كويكبات
plants and animal effect	تأثير الكائنات الحية
plates	ألواح أو صفائح
plate tectonics theory	نظرية تكتونية الألواح
plate tectonics	تكتونية الألواح
platinum	بلاتين
plunging fold	طية غاطسة
Pluto	بـلــــوتــو
plutonic rocks	صخور نارية جوفية
poikiloblastic	نسيج مبرقش
poiklitic texture	نسيج بوكيليتي
point bars	رواسب الألسنة
polymorphism	تعدد شكلي
porosity	مسامية
porphyritic texture	نسيج بورفيرى
porphyroblasts	حبيبات كبيرة الحجم
precursory activity	نشاط أولى
pressure	ضغط
primary minerals	معادن أولية
primary structure	تراكيب أولية
primary wave	موجات أولية
psudomorphism	خداع شكلي
pyroclastic texture	نسيج فتاتي
pyroelectricity	كهرباء حرارية
pyroxene	بيروكسين

(Q)

qarrying	اقتلاع أو احتجاز
quartz	كوارتز
quartzite	كوارتزايت
quiescence	فترة هدوء

(R)

radial pattern	نظام الصرف الشعاعي
radiation zone	نطاق الإشعاعات
rate of weathering	معدلات التجوية
recessional morian	ركام تراجعي
rectangular pattern	نظام الصرف المتعامد
recumbent fold	طية نائمة أو مضطجعة
regional metamorphism	تحول اقليمي
remote sensing	استشعار عن بعد

replacement	إحلال
reservoir rocks	صخور خازنة
residual regolith	رسوبيات سطحية متبقية
resinous luster	بريق راتنجي
reverse fault	صدع معكوس
right-lateral strike-slip fault	صدع امتداد يميني
ripple marks	علامات النيم
rock fall or rock slide	انزلاق صخري
rock salt	ملح صخري
rock's deformation	تشوه الصخر
rock's structure	بنية الصخر
rocky desert	صحاري حجرية
running water	مياه جارية
runoff water	ماء منطلق
rupture deformation	تشوه انهياري

(S)

saline springs	ينابيع مالحة
saltation load	حمولة قافزة
sand accumulations	تجمعات رملية
sandstone	حجر رملي
saturation and desiccation	تشبع بالماء والجفاف
Saturn	زُحل
shist	شست
schistosity	شستزة
sea-floor spreading theory	نظرية انفراج المحيط
secondary minerals	معادن ثانوية
secondary structures	تراكيب ثانوية
secondary wave	موجات ثانوية
sedimentary rocks	صخور رسوبية
sedimentary structures	بنيات الصخور الرسوبية
seismograph	رسم سيزمي
shallow wells	آبار ضحلة
shape and roundness	شكل واستدارة الحبيبات
shearing forces	قوى القص
sheet flow	تدفق سطحي
sheet silicates	معادن سيليكاتية صفائحية
shield volcanoes	براكين درعية
sieve texture	نسيج غربالي
silicate minerals	معادن السيليكات
siliceous rocks	صخور كيميائية سيليسية
siliceous springs	ينابيع سيليكاتية
silky	بريق حريري
sills	سدود
silt	غرين
silver	فضـــــــة
skarn	صخور السكارن
slate	إردواز
slaty cleavage	انفصام إردوازي
slickenside	خدوش وخطوط وبروز
slump	هبوط الكتل

soil تربة
solar energy طاقة شمسية
solar flares وهج شمسي
solar nebula السديم الشمسي
solar system نظام شمسي
solution إذابة
sorosilicates معادن سيليكاتية مزدوجة
sorting درجة الفرز
space groups and point groups مجموعات ونقاط فراغية
space lattice بنية فراغية
specific gravity وزن نوعي
spheroidal weathering تجوية كروية
springs ينابيع
stalactites and stalagmites رواسب الهوابط والصواعد
steady state theory نظرية الحالة الثابتة
stocks جذوع
Strain انفعال
Stratigraphy علم الطبقات
streak plate لوح المخدش
streak مخدش
stream sediments رسوبيات القناة
stress إجهاد
strike joints فواصل المضرب
strike slip صدع مضرب
structural geology جيولوجيا تركيبية
structural springs ينابيع تركيبية
subduction مرحلة الاندساس
sulfate minerals معادن الكبريتات
sulfide minerals معادن الكبريتيدات
sulfur كبريت
sulphurus springs ينابيع كبريتية
sunspots بقع شمسية
surface water مياه سطحية
suspended load حمولة معلقة
symmetrical folds طية متماثلة
syncline طية مقعرة

(T)

tectonic earthquake زلازل تكتونية
temperature changes تغيرات فى درجة الحرارة
temperature حرارة
tenacity تماسك
tension forces قوى الشد
terminal morian ركام طرفي
the Moon القمر
the rock cycle الدورة الصخرية
the Sun الشمس
thermal expansion and contraction تمدد الصخور وانكماشها
thermal or contact metamorphism تحول حراري أو تلامسي
thermodynamics ديناميكا حرارية
thickness سمك

unloading تمدد ناتج عن تخفيف الحمل
unsorted deposits رواسب عديمة الفرز
upthrown side رمية الصدع العليا
Uranus أورانـــــوس

(V)

valley glaciers وديان جليدية
Van der Waal force رابطة فان درفال
vntifact وجهريحيات
Venues الزهرة
vesicular and amygdaloidal texture نسيج فقاعي ولوزي
viscosity لزوجة
volcanic arc قوس بركاني
volcanic ash رماد بركاني
volcanic bombs قذائف بركانية
volcanic cones مخاريط بركانية
volcanic pipes أنابيب بركانية
volcanic products نتاج بركاني
volcanic rocks صخور بركانية
volcanic tuff طف بركاني
volcanism بركنه
volcanoes براكين
volcanology البراكين علم

(W)

water of translation موجات النقل
waves of oscillation موجات التذبذب
weathering تجوية

thrust fault صدع دسر
tidal currents مد وجزر
till رسوبيات التّيل
topographic springs ينابيع طبوغرافية
topography تضاريس
torsion forces قوى الازدواج
trachytic texture نسيج تراكيتي
transform faults صدوع عرضية
transform plate boundaries حواف منزلقة وصدوع عرضية
translucent معادن نصف شفافة
transparency شفافية
transparent minerals معادن شفافة
transported load حمولة متحركة
transported regolith رسوبيات سطحية منقولة
transverse dunes كثبان مستعرضة
trellis pattern نظام الصرف التعريشي
tributaries روافد
turbulent flow تدفق غير منتظم أو تدفق دوامي

(U)

ultrabasic magma صهير فوق قاعدي
ultramafic rocks صخور نارية فوق مافية
ultraviolet rays أشعة فوق بنفسجية
unconformity عدم التوافق
uniformitarianism نظرية الوتيرة الواحدة

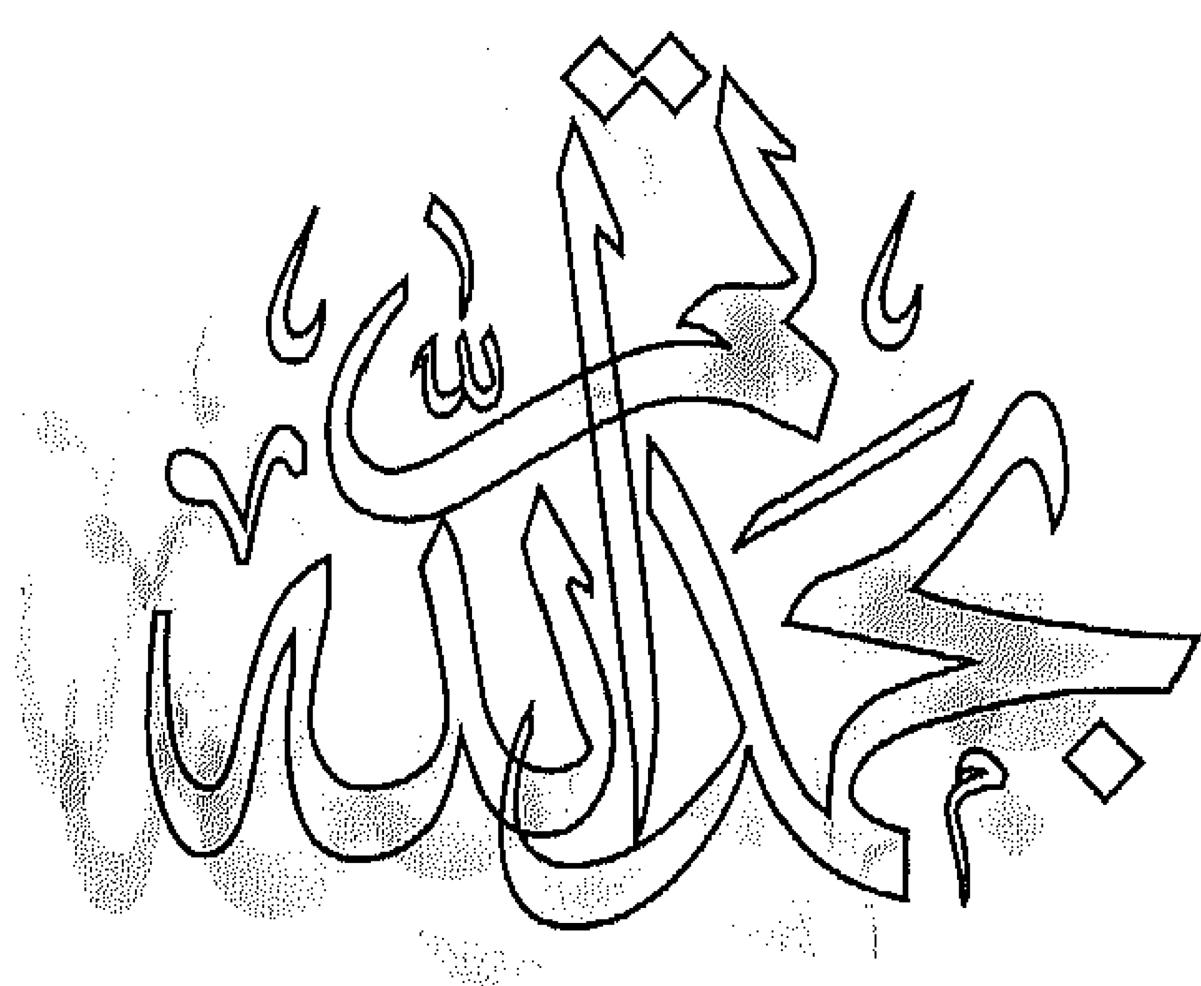
wells	آبار
well-sorted deposits	رواسب جيدة الفرز
wind energy	طاقة الرياح
wind erosion	نحات ريحي
wolframite	ولفراميت

(Y)

youth stage	مرحلة الشباب

(Z)

zone of aeration	نطاق التهوية
zone of saturation	نطاق التشبع
zoology	علم الحيوان



مطابع جامعة الملك عبدالعزيز



د. محمد رشاد بن حسن مفتي

أستاذ الصخور النارية والبراكين

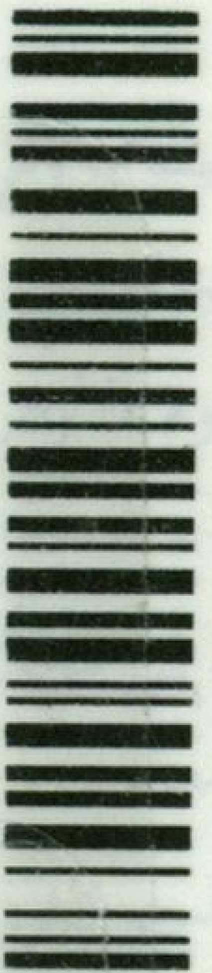
- حصل على بكالوريوس العلوم (جيولوجيا-كيمياء) من جامعة الملك عبدالعزيز في عام ١٩٧٧م (١٣٩٧هـ).
- حصل على درجة الدكتوراه في الصخور النارية والبراكين من جامعة لانكستر - المملكة المتحدة في عام ١٩٨٦م (١٤٠٦هـ).
- عمل معيدًا بقسم الجيولوجيا (كلية علوم الأرض لاحقًا) في عام ١٣٩٧هـ، ورقي إلى مرتبة أستاذ مساعد بقسم الثروة المعدنية والصخور، جامعة الملك عبدالعزيز، في عام ١٤٠٦هـ، ثم إلى مرتبة أستاذ مشارك، وإلى مرتبة أستاذ في الصخور النارية والبراكين بقسم الثروة المعدنية والصخور.
- عمل عميدًا لشؤون الطلاب، جامعة الملك عبدالعزيز، من عام ١٤١٠ وحتى عام ١٤١٥هـ.
- عمل رئيسًا لقسم الثروة المعدنية والصخور بكلية علوم الأرض، جامعة الملك عبدالعزيز، لمدة سنتين بتاريخ ١٤١٩/٥/١٤هـ.
- عمل مستشارًا غير متفرغ بوزارة البترول والثروة المعدنية في عام ١٤٢٢هـ.
- يعمل حاليًا مستشارًا غير متفرغ بهيئة المساحة الجيولوجية السعودية.
- يشغل منصب عميد كلية علوم الأرض- جامعة الملك عبدالعزيز - منذ ١٤٢١/١١/٢٠هـ وحتى الآن.
- له العديد من الأبحاث المنشورة في المجلات العالمية والمحلية عن الحرات البركانية والصخور النارية.



د. حمدى حامد عبد النبى يوسف

أستاذ جيوكيمياء المعادن والصخور

- تخرج من جامعة عين شمس في مصر عام ١٩٨٥م، بتقدير جيد جدًا مع مرتبة الشرف.
- حصل على درجة الماجستير في الجيولوجيا من جامعة عين شمس في عام ١٩٩٤م.
- حصل على منحة من الهيئة الألمانية للتبادل العلمي (DAAD) في الفترة من عام ١٩٩٦م إلى ١٩٩٨م. وتم الحصول على درجة الدكتوراه في الجيولوجيا من معهد الجيولوجيا، جامعة توبنجن، ألمانيا في عام ١٩٩٨م، وقد نشر هذا العمل بأكمله في عدد مستقل:
  "Tübinger Geowissenschaftle Arbeiten, Reihe A, 46, 137pp. ISSN 0953-4921"
- عمل معيدًا بهيئة المواد النووية منذ عام ١٩٩٠م، ورقي إلى مرتبة مدرس مساعد في عام ١٩٩٤م، ثم أستاذ مساعد في عام ١٩٩٨م، وإلى مرتبة أستاذ مشارك في عام ٢٠٠٤م، وإلى مرتبة أستاذ في الجيوكيمياء في عام ٢٠٠٩م.
- خبرة في مجال استكشاف خامات [illegible]
  تشغيل جهاز المسبار الإلكتروني [illegible]
- محرر مشارك بمجلة الملك عبدالعزيز [illegible]
  من عام ٢٠٠٥م – حتى الآن.
- شارك في تأليف العديد من الكتب [illegible]
  علم المعادن والجيولوجيا العامة والمعادن [illegible]
- يعمل حاليًا أستاذًا، ومنذ عام ٢٠٠٣م [illegible]
  المعدنية والصخور، كلية علوم الأرض [illegible]
  عبدالعزيز.



ردمك: ٩٧٨-٩٩٦٠-٠٦-٥٦٢-٥

مطابع جامعة الملك عبدالعزيز